

Aus der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie

Direktor: Prof. Dr. Tilo Kircher

des Fachbereichs Medizin der Philipps-Universität Marburg

Titel der Dissertation:

## **Qualitätssicherung am MRT**

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Humanmedizin

dem Fachbereich Medizin der Philipps-Universität Marburg  
vorgelegt von

Elisabeth Franziska Hess  
aus Ehingen (Donau)

Marburg, 2015

Angenommen vom Fachbereich Medizin der Philipps-Universität Marburg am: 12.03.2015

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs.

Dekan: Prof. Dr. Helmut Schäfer

Referent: Prof. Dr. Andreas Jansen

1. Korreferent: Prof. Dr. Walter Hundt

## Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis .....	3
1. Einleitung .....	3
1.1 Die historische Entwicklung des MRT .....	4
1.2. Physikalische Grundlagen des MRT .....	5
1.3. Aufbau des MRT .....	8
1.4. Fragestellung .....	9
2. Material und Methoden .....	11
2.1. Datenerhebung .....	11
I.    Arbeitshypothese und Fragestellung .....	12
2.2 Fragebogen .....	13
2.3 Kliniken und Institute .....	16
2.4 Datenauswertungen / Statistik .....	18
2.5 Literaturrecherche .....	18
2.6 Beschreibung der Grundgesamtheit und Studienteilnehmer .....	18
2.7 Gründe für die Nichtteilnahme / Ausschluss .....	20
3. Ergebnisse – Auswertung der Befragung .....	21
3.1 Soziodemographische Daten .....	22
3.2. Daten zur Qualitätssicherung .....	27
4. Diskussion .....	44
4.1 Zusammenfassung der Ergebnisse anhand der Literatur .....	44
4.2 Diskussion des Parameters Signal-to-Noise Ratio .....	50
4.3 Diskussion der Qualitätssicherung durch Servicetechniker .....	51
5.    Diskussion des Erhebungsinstrumentes und Studiendesigns .....	53
5.1 Diskussion der Objektivität des Fragebogens .....	54
5.2 Diskussion der Reliabilität des Fragebogens .....	55
5.3 Diskussion der Validität des Fragebogens .....	55
5.4 Diskussion der Stichprobenzusammensetzung .....	56
6.    Ausblick .....	57

7. Zusammenfassung.....	58
8. Anhang .....	60
8.1 Weitere Graphiken und Tabellen .....	60
8.2 Fragebogen und Anschreiben.....	67
Literaturverzeichnis.....	76
Verzeichnis der Graphiken und Tabellen .....	79
Abkürzungsverzeichnis .....	81
Akademische Lehrer .....	82
Danksagung .....	82
Ehrenwörtliche Erklärung.....	83

## 1. Einleitung

Seit fast 30 Jahren ist die Magnetresonanztomographie (nachfolgend MRT) im klinischen Alltag etabliert und wohl kaum ein anderes diagnostisches Verfahren hat in der Medizin, in so kurzer Zeit, eine so weite Verbreitung gefunden. Weltweit unterzogen sich bislang über 500 Millionen Patienten einer MRT-Untersuchung und täglich werden immer mehr Untersuchungen und Forschung am MRT durchgeführt.

Zu Beginn der Nutzung von Magnetresonanztomographen war das Einsatzgebiet noch auf spezielle klinische Fragestellungen aus dem Bereich des Zentralnervensystems begrenzt, heute gibt es fast keinen Bereich mehr, in der Diagnostik, im klinischen Alltag und in der Forschung, der ohne MRT auskommt. Mit der Möglichkeit der exzellenten diagnostischen Genauigkeit ist die MR-Technik in der klinischen Frühdiagnostik etabliert und nicht mehr wegzudenken. Auch gibt es zum heutigen Zeitpunkt kein Organsystem mehr, das nicht mit dem MRT sinnvoll untersucht werden kann. (Maximilian Reiser 2002)

Anders, als beispielsweise bei der Computertomographie, werden zur Erzeugung der Bilder keine Röntgenstrahlen eingesetzt, sondern starke Magnetfelder und Radiowellen. Dies ermöglicht es, zur klinischen Diagnostik und zu Forschungszwecken, auf nicht-invasive Weise und ohne belastende Röntgenstrahlung, Schichtaufnahmen des menschlichen Körpers in jedem beliebigem Winkel und Richtung zu erzeugen.

Bei all diesen Vorteilen, ist jedoch die MRT-Untersuchung, im Vergleich zu anderen bildgebenden Verfahren, recht zeitaufwendig und mit relativ hohen Kosten verbunden. Außerdem müssen durch den Einsatz von starken Magnetfeldern Kontraindikationen, wie zum Beispiel Patienten mit einem Herzschrittmacher, Gefäßklips, Cochleaimplantat oder ferromagnetischen Metallsplintern an ungünstigen Stellen beachtet werden. (Mendonca Dias and Lauterbur 1986; Ludwig Blohm 2003)

Das mit dem MRT überhaupt untersuchbare Patientenkollektiv, wird weiterhin dadurch eingeschränkt, dass es während der MRT Untersuchung zu einer starken Lärmentwicklung kommt und so Patienten, trotz Tragens eines Gehörschutzes, immer noch beeinträchtigt werden können. Eine weitere Einschränkung für Patienten mit Klaustrophobie stellt die - mit im Durchschnitt 60 cm - relativ enge Untersuchungsrohre da.

Der Erfolg der Magnetresonanztomographie lässt sich trotz den Nachteilen jedoch zum einen sicherlich durch das Auskommen ohne Röntgenstrahlen erklären, zum anderen liefert ein MRT hochauflösende und sehr kontrastreiche Bilder ab, welche computertomographisch erstellten Bildern in vielen Punkten überlegen sind.

Für diese hohe Qualität der MRT-Untersuchung ist es unerlässlich, dass der Patient sich während der Untersuchung nicht bewegt. Außerdem treten im Vergleich zur Computertomographie, bei dem von vielen einzelnen Variablen abhängigen MRT, Artefakte durch Bewegung, Atmung, chemische Verschiebung oder auch Radiofrequenzstörungen häufiger auf und stören die Bildqualität meist mehr. (Günter W. Kauffmann 2006)

Umso wichtiger ist es, bei der Nutzung von Magnetresonanztomographie, einheitliche Qualitätsstandards zu etablieren und einzuhalten, um so fast uneingeschränkt die positiven Aspekte der Magnetresonanztomographie nutzen zu können.

## 1.1 Die historische Entwicklung des MRT

Das technische Prinzip der magnetischen Kernresonanz wurde bereits 1946 von Felix Bloch (Bloch 1946) und Edward Purcell (Purcell 1946) entdeckt. Der Einsatz beschränkte sich jedoch zunächst auf Bereiche aus Molekülphysik und Chemie. Die Weiterentwicklung, zu einer Technik in der Medizin, wurde im Wesentlichen durch Lauterbur und Mansfield (Lauterbur 1973) im Jahr 1977 vorangetrieben. Dafür erhielten beide 2003 den Nobelpreis für Medizin. Lauterbur gelang es mit magnetischen Gradientenfeldern eine räumliche Zuordnung der Signale einer Probe darzustellen. Außerdem entwickelte er ein Verfahren, bei dem durch Rotation des Magnetfeldgradienten ein zweidimensionales Abbild des Untersuchungsobjektes errechnet werden konnte (Lauterbur 1973). Wesentliche Beiträge von Mansfield, wie zum Beispiel ein mathematisches Verfahren um Signale schnell in Bildinformationen umzuwandeln zu können, verbesserten die praktische Nutzung. Mansfield ist auch die Einführung magnetisch abgeschirmter Gradienten-Spulen zu verdanken. (Mansfield and Maudsley 1977; Mansfield, Pykett et al. 1978; Bowtell and Mansfield 1991)

Mit T. Laubenberg, der die erste MRT-Untersuchung am Menschen durchführte, (Theodor Laubenberg 1999) nahmen Anfang der 1980er Jahre die MR-Tomographen Einzug in die Krankenhäuser.

Weitere, für die breite klinische Nutzung der MRT wichtige Beiträge, stammen aus deutschen Forschungslaboren. In den 1980er Jahren gelang ein grundsätzlicher Durchbruch in der Magnetresonanztomographie mit der Erfindung des Schnellbildverfahrens FLASH. (Frahm, Haase et al. 1986) Die FLASH-Technik ermöglichte eine deutlich schnellere Messzeit ohne einen Verlust in der Bildqualität.

Damit war ab Mitte der 1980er Jahre der Weg frei für eine breite Anwendung der MRT in der medizinischen Diagnostik. Die Rekonstruktionszeit der Bilder reduzierte sich von mehreren Stunden auf wenige Sekunden. Vor allem durch wesentliche Verbesserungen in der Computertechnik waren nun neue, funktionelle Varianten (fMRT) des MRT möglich. Zum Beispiel MR-Myelographie, MR-Sialographie, MR-Cholangiographie, MR-Cardiographie, MR-Perfusion, MR-Diffusion, neurofunktionelle Bildgebung, MR-Spektroskopie, sowie fMRT Gefäßdarstellungen mit der MR-Angiographie und auch funktionelle Kartierungen des Cortexes mit besonders hoher Auflösung wurden entwickelt.

In der Praxis verfügbar sind kommerzielle MRT-Geräte seit den 1980er Jahren. (Ernst J. Rummeny 2006; Günter W. Kauffmann 2006; Weishaupt Dominik 2009)

## 1.2. Physikalische Grundlagen des MRT

Der menschliche Körper besteht je nach Alter zu 60-70% aus Wasser. Somit ist das Wasserstoffatom das am häufigsten vorkommende Atom im menschlichen Organismus. Das Prinzip der MRT basiert auf diesem Verteilungsverhältnis. MRT ist somit auch vereinfacht als Bildgebung der Wasserstoffatome zu verstehen. (Theodor Laubenberg 1999)

Ein weiterer Grund, die Wasserstoffatome zu nutzen, ergibt sich durch das Prinzip der Resonanzspektroskopie, auf welcher die MRT beruht. Alle Atome mit einer ungeraden Protonenanzahl im Kern, könnten theoretisch für die MRT herangezogen werden, da diese Atome einen resultierenden Spin haben. Unter einem Spin versteht man eine

Drehbewegung, durch die sich die Protonen vergleichbar einem kleinen Stabmagneten verhalten. Auch das Wasserstoffatom verhält sich aufgrund seiner ungeraden Protonenzahl diesem Modell entsprechend.

Legt man nun an solch ein System ein externes, statisches Magnetfeld, wie es während der MRT-Untersuchung benutzt wird, an, so richten sich die Protonen, bzw. die Spins je nach dessen Ausrichtung aus. In dieses ausgerichtete System wird daraufhin ein Hochfrequenzimpuls (HF) übertragen.

Durch die Energie dieses HF-Impulses werden die Spins ausgelenkt und nehmen einen Teil der Energie des HF-Impulses auf (=Resonanz).

Wird die Hochfrequenz wieder abgeschaltet, drehen sich die Kernspins zurück in ihre ursprüngliche Ausrichtung. Dadurch wird ein Induktionsfeld erzeugt, welches über eine Empfängerspule als das eigentliche MR-Signal gemessen werden kann. Die Intensität dieses Signales ist proportional zu der Zahl der angeregten Protonen und somit zur Protonendichte.

Nachdem die Hochfrequenz abgeschaltet wird, relaxieren die Protonen. Hierbei unterscheidet man die T1-Relaxationszeit von der T2-Relaxationszeit. Bei der T1-Relaxation wird die zuvor aufgenommene Energie an die Umgebung abgegeben. Dies wird deshalb Spin-Gitter-Relaxation genannt.

T1 ist die Zeitkonstante der Spin-Gitter-Relaxation und ist von der Stärke des äußeren Magnetfeldes und der inneren Bewegung der Moleküle abhängig. Gewebe mit kurzer Erholungsphase führen zu mehr Signal und erscheinen im Bild hell. (Zum Beispiel Fettgewebe, welches sich auf T1-gewichteten Bildern hell darstellt.)

Die T2-Relaxationszeit beschreibt, wie schnell die Quermagnetisierung abklingt. Auch sie ist für jedes Gewebe spezifisch. (Flüssigkeiten werden zum Beispiel hell dargestellt.) Im Gegensatz zur T1-Relaxation, wird keine Energie an das Gitter abgegeben, sondern die Energie wird zwischen den einzelnen Spins ausgetauscht. Dadurch kommt es zur Dephasierung der Spins. Da die T2-Relaxation hauptsächlich eine reine Wechselwirkung unter den einzelnen Spins darstellt, wird dieser Effekt Spin-Spin-Relaxation genannt. Die Zeitkonstante T2 ist von der Magnetfeldstärke unabhängig. (Maximilian Reiser)



Die beiden Zeitkonstanten, T1- und T2, beschreiben zwei unabhängige Prozesse, die jedoch im Prinzip parallel ablaufen.

Das während der Magnetresonanztomographie empfangene Kernspinsignal ist somit von drei Parametern abhängig:

- T1-Relaxationszeit (Spin-Gitter),
- T2-Relaxationszeit (Spin-Spin),
- Protonendichte.

MRT-Bilder können beispielsweise T1-, T2- oder protonendichtegewichtet, oder diffusionsgewichtet sein. Die Gewichtung hängt von der gewählten Sequenz, der Repetitionszeit (Intervall zwischen Wiederholungen der Pulssequenz) sowie der Echozeit (Intervall zwischen Anregung mit Radiowellen und Messung des MR-Signals) ab.

Zur Ortskodierung der MRT- Signale werden gleichzeitig mit dem Hochfrequenzimpuls drei weitere statische Magnetfelder, bei denen es sich um zueinander senkrecht stehende Gradientenfelder handelt, genutzt. Sie dienen zur Schicht-, Phasen- und Frequenzkodierung. Diese nehmen jeweils entlang einer Achse linear an Stärke zu und haben somit, da die Feldstärke die Schwingungsfähigkeit der Atome beeinflusst, je nach Ort eine messbar unterschiedliche Schwingungsfrequenz und lassen so eine Lokalisation der Bildpunkte zu. (Theodor Laubenberger 1999; Maximilian Reiser 2002; Mumenthaler 2002; Ernst J. Rummeny 2006; Günter W. Kauffmann 2006; ILIAS v3.9.6 2008-09-04) )

Wichtig ist außerdem noch das Phänomen der chemischen Verschiebung. Zur chemischen Verschiebung kommt es, da die Resonanzbedingungen nur für Atomkerne ohne Hülle gelten. In der Realität sind die Atomkerne aber von einer Elektronenhülle umgeben, welche eigene magnetische Eigenschaften besitzt. Diese Elektronenhülle schirmt somit das externe Magnetfeld geringfügig (einige Promille) ab und die Resonanzlage verschiebt sich. Die chemische Verschiebung ist der wichtigste Messparameter der hochauflösenden MR-Spektroskopie, da sie eine Identifizierung chemischer Substanzen gestattet. (Ernst J. Rummeny 2006)

### 1.3. Aufbau des MRT

1. Der Grundfeldmagnet
2. Das Gradientensystem
3. Das Hochfrequenzsystem
4. Das Rechensystem

Das Herzstück eines MRT Gerätes ist der Magnet, der das statische Magnetfeld erzeugt. Mit zusätzlichen, sogenannten Shimspulen, wird die Homogenität des Magnetfeldes verbessert und mit Gradientenspulen die Schichtselektion und Ortskodierung ermöglicht. Weiterhin gibt es ein Hochfrequenzsystem mit Sende- und Empfangsspule. Über das Rechnersystem wird die MRT-Untersuchung gesteuert und die entstandenen Bilder dokumentiert, ausgewertet und gespeichert. Das ganze System wird mit Hilfe eines Faraday'schen Käfigs abgeschirmt, um Wechselwirkungen mit externen Störsignalen zu vermeiden. (ILIAS v3.9.6 2008-09-04) )

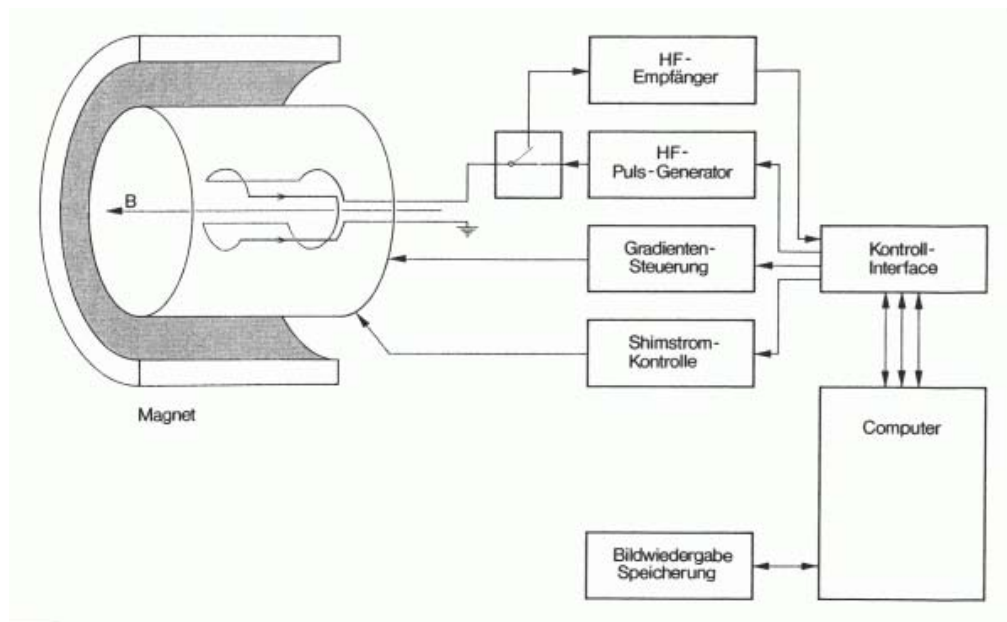


Abbildung 1: Aufbau eines Magnetresonanztomographen

Aus dem „K-med Lernkurs Radiologie.“ über: [www.k-med.uni-giessen.de](http://www.k-med.uni-giessen.de) (Stand: August 2013)

#### 1.4. Fragestellung

Als Einstieg in die Thematik dieser Arbeit sollte eine im Journal of Magnetic Resonance Imaging erschienene Studie dienen. Diese Studie untersuchte verschiedene, spezialisierte Herzkliniken bezüglich der Qualität und Vergleichbarkeit der jeweils durchgeführten MRT-Untersuchungen. Sie kam zu dem Ergebnis, dass zwischen den verschiedenen Kliniken, in denen Kinder mit angeborenen Herzfehlern mittels MRT auf ihre Herzpumpfunktion untersucht wurden, teilweise große Messunterschiede existieren. (Beerbaum, Barth et al. 2009)

Ziel der ersten Studienphase war dann die Entwicklung eines „Kompetenznetz Angeborener Herzfehler“, welches - gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung - methodischen Standards zur Qualitätssicherung der MRT-Untersuchung etablierte, als Reaktion auf diese Studienergebnisse.

In den Zeiten der Behandlungsoptimierung wird immer häufiger der Begriff des Qualitätsmanagements angesprochen. Als ausdrückliche Verpflichtung für den Arzt, wurde die Qualitätssicherung 1988 in der Berufsordnung für Ärzte verankert. Auch in Anbetracht des in den letzten Jahren gestiegenen Wirtschaftlichkeits- und Wettbewerbsdruck im Gesundheitswesen, haben Qualitätssicherung und Qualitätsmanagement in der medizinischen Versorgung ein starkes öffentliches Interesse erlangt. (Bundesärztekammer 2007)

Wie die oben beschriebene Studie, gibt es immer mehr Veröffentlichungen, in denen Qualitätssicherung und einheitliche Standards als sehr wichtig und förderungswürdig angesehen werden. (Ihalainen, Lonnroth et al. ; Xin, Han et al. ; Bennett and Miller 2010)

Als Qualitätssicherung im Allgemeinen ist zu verstehen: [...] „Teil des Qualitätsmanagements, der auf die Erfüllung von Qualitätsanforderungen gerichtet ist. Qualitätssicherung umfasst Arbeitstechniken und Tätigkeiten, deren Zweck sowohl die Überwachung eines Prozesses als auch die Beseitigung von Ursachen nicht zufriedenstellender Ergebnisse in allen Phasen der Leistungserbringung ist.“ [...] (Bundesärztekammer 2007)

Qualitätssicherung kann somit angesehen werden als das regelmäßige Erfassen und die Analyse von Daten, welche dann mit einem vorgegebenen Standard verglichen werden, um dadurch prüfen zu können, ob die, meist im Vorfeld definierten Ziele der Qualitätssicherung erreicht worden sind. Bei einer Diskrepanz zwischen den Daten und dem vorgegebenen Standard, ermöglicht es die Qualitätssicherung frühzeitig, geeignete Maßnahmen zu ergreifen, um mögliche Fehler wieder auszugleichen. Somit tragen qualitätssichernde Maßnahmen mit dazu bei, dass die Wettbewerbsfähigkeit und effizientes Arbeiten erhalten bleiben.

Übertragen auf den Dienstleistungsbereich Medizin sollten die Erfordernisse an qualitätssichernde Maßnahmen dem wissenschaftlichen Niveau, dem ethischen Verantwortungsbewusstsein und dem Erfolg präventiver, diagnostischer, therapeutischer und rehabilitativer Maßnahmen, einschließlich ihrer gesundheitspolitischen und organisatorischen Rahmenbedingungen, bemessen und angepasst werden. Als einer der Ersten beschrieb 1988 Donabedian eine solche, an die Medizin angepasste Qualitätssicherung. (Donabedian 1988)

Für den Umgang mit dem komplexen System der Magnetresonanztomographie im klinischen Bereich, gibt es das Thema Qualitätssicherung betreffend, Leitlinien der Bundesärztekammer aus dem Jahr 2000, welche Aussagen in Bezug auf Untersuchungen, Sequenzen und zu verwendende Spulen machen. Für die Bereiche der Forschung existieren solche Leitlinien bislang nicht. Nur in sehr wenigen Publikationen, welche das MRT betreffen, werden deshalb auch überhaupt Angaben zu qualitätssichernden Maßnahmen gemacht.

Verschieden Studien der letzten Jahre (Bourel, Gibon et al. 1999; Firbank, Harrison et al. 2000; Chen, Wan et al. 2004; Colombo, Baldassarri et al. 2004; Delakis, Moore et al. 2004; Di Nallo, Ortenzia et al. 2006) legen zwar die Möglichkeit und Durchführbarkeit, sowie die dringende Notwendigkeit eines Qualitätsmanagements in der Forschung dar, eine einheitliche Richtlinie wurde jedoch nicht erstellt.

Verschiedene Institutionen befassten sich ebenfalls mit dem Thema einer einheitlichen Qualitätssicherung und veröffentlichten bereits Vorschläge zur Qualitätssicherung – teilweise auf der Basis kommerzieller Phantome: Unter anderem das „American College of Radiology“ (Radiology 2004; Radiology 2005), die „European Community Concerted Action“

(Project 1988), die „National Electrical Manufacturers Association“ (NEMA) (Associations 2001; Association 2003; Association 2003), und die „American Association of Physicists in Medicine“ (AAPM) (Price, Axel et al. 1990). Aber auch hier wurden bis heute keine einheitlichen Richtlinien zur Qualitätssicherung am MRT erstellt.

Ziel dieser Dissertation ist es, in Deutschland, Österreich und der Schweiz Daten von MRT-Anlagen zu sammeln und flächendeckend zu analysieren, in wie weit eine Qualitätssicherung stattfindet und wie diese durchgeführt wird.

Ein Schwerpunkt soll dabei auf den MRT-Anlagen liegen, die größtenteils zu Forschungszwecken benutzt werden, da gerade im Bereich der Forschung einheitliche Standards und Vergleichbarkeit von großer Relevanz sind.

## **2. Material und Methoden**

### **2.1. Datenerhebung**

Alle hier in dieser Arbeit dargestellten und verarbeiteten Daten zur Qualitätssicherung am MRT, wurden mit Hilfe eines selbstverfassten Fragebogens erhoben. Ein selbstverfasster Fragebogen war nötig, da es genau für dieses Thema keinen fertigen Fragebogen gab und in der Literatur ein solcher auch nicht direkt beschrieben wird.

Der fertige Fragebogen umfasste 5 Seiten mit insgesamt 25 einzelnen Items. Als großes Vorbild für die Konzeption des Bogens dieser Arbeit, diente ein Bogen aus einem Paper von Koller aus dem Jahr 2006. In der Veröffentlichung von Koller wurde eine ähnliche Fragestellung, am Beispiel von 24 Kliniken in England, ebenfalls mit einem selbst konzipierten Fragebogen, erfolgreich untersucht. Was dort auf kleiner Ebene durchgeführt worden ist, sollte in der vorliegenden Arbeit, im größeren Stil, möglichst flächendeckend über dem deutschsprachigen Raum untersucht werden.

Bei dem selbst entwickelten Fragebogen handelte es sich somit um ein nicht-validiertes Erhebungsinstrument, was zur Folge hatte, dass in der Phase der Fragebogenkonstruktion

eine Überprüfung auf gute Verständlichkeit, notwendige Kürze, Prägnanz der Formulierungen, Art der Fragerichtung und die Reihenfolge der Darbietung der Items stattfand. Hierzu wurden die Vorversion des Fragebogens Mitarbeitern der AG Brainimaging in Marburg (Mediziner, Physiker, Psychologen, ...) vorgelegt und präsentiert.

Änderungsvorschläge und Bearbeitungspräferenzen wurden gemeinsam besprochen und diskutiert und konnten abschließend in die Vorversionen eingearbeitet werden.

Als letzter Schritt vor dem Druck, der so entstandenen Fragebogenversion, erfolgte erneut eine Abstimmung mit verschiedenen Experten der Arbeitsgruppe, bevor die Endversion des Bogens in Druck gehen konnte.

## **I. Arbeitshypothese und Fragestellung**

Diese Arbeit befasste sich mit einer Erhebung der zum Zeitpunkt der Befragung durchgeführten Qualitätssicherung am Magnetresonanztomographen, insbesondere einer genauen Betrachtung der Art und Weise der Durchführung qualitätssichernder Maßnahmen. Ziel der Arbeit war es, ein Erhebungsinstrument zu erarbeiten, welches einen Überblick verschaffte, über die durchgeführte Qualitätssicherung, sowie eine differenzierte Betrachtung der einzelnen Unterpunkte (Akzeptanz, Bezahlbarkeit, Patientensicherheit, ...) ermöglichte. Als adäquates Instrument hierfür wurde ein Fragebogen gewählt.

## 2.2 Fragebogen

Die endgültige Version des Fragebogens umfasste 5 Seiten und verschiedene Arten von Fragen. Bei den einzelnen Fragen des Fragebogens waren sowohl vorgegebene Antwortmöglichkeiten, als auch Freitext Antworten vertreten.

Der komplette Fragebogen war in 2 Dimensionen aufgeteilt. Im ersten Teil wurden allgemeine Angaben zur ausfüllenden Person abgefragt, welche dann im zweiten Teil mit Fragen zum MRT-Gerät und zur Qualitätssicherung vervollständigt wurden.

Die persönlichen Angaben des ersten Teiles, bezogen sich auf Angaben zum genauen Beruf, zur Position in der Abteilung und zur MRT-Erfahrung der ausfüllenden Person. Diese ersten personenbezogenen Daten wurden erhoben, um später die Angaben zur Qualitätssicherung differenzierter darstellen zu können und eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse untereinander zu ermöglichen.

Außerdem wurden, nach den Angaben die ausfüllende Person an sich betreffend, Fragen zur Anzahl der Betten der befragten Klinik und dem Haupteinsatzgebiet des MRT Gerätes (Scherpunktmäßig Einsatz für Forschungszwecke oder hauptsächlich klinischer Einsatz) gestellt.

Mit diesen Fragen sollte es möglich sein, verschieden große Institute untereinander zu vergleichen, sowie zum Beispiel einen möglichen Zusammenhang zwischen der Arbeitserfahrung am MRT und der Art und dem Umfang einer Qualitätskontrolle herzustellen.

Die Fragen des zweiten Teils beschäftigten sich zuerst mit den genauen Daten des jeweiligen MRT-Gerätes. Der Hersteller, die Feldstärke des MR-Gerätes, sowie der Zeitpunkt der Inbetriebnahme des Gerätes wurden abgefragt. Auch diese Fragen wurden gestellt, um eine bessere Vergleichbarkeit der Daten untereinander herzustellen.

Danach folgten im Fragebogen Fragen zur Abteilung und zur Anzahl der Personen, die mit dem MRT täglich arbeiteten. Einem möglichen Zusammenhang zwischen der Anzahl der Personen am MRT und dem Umfang an Qualitätssicherung, sollte somit nachgegangen werden.

Des Weiteren folgten 2 Fragen zu Sicherheitseinweisungen am MR-Gerät. Regelmäßige und korrekt durchgeführte Sicherheitseinweisungen für alle am MRT Beschäftigten, stellen einen wichtigen Teil der Qualitätssicherung dar und wurden deshalb mit in den Fragebogen aufgenommen. Mit diesen Fragen sollte auch das Vorhandensein von Sicherheitseinweisungen als möglicher Indikator für suffiziente Qualitätssicherung geprüft werden.

Nach diesen Fragen zu Sicherheitseinweisungen folgte im Fragebogen der eigentliche Hauptteil mit 8 Fragen zur genauen Durchführung, Art und Häufigkeit und Verantwortlichkeit der Qualitätssicherung. In diesem Teil sollten so genau wie möglich alle gewünschten Informationen zur Qualitätssicherung abgefragt werden. Eine Frage beinhaltete so zum Beispiel die Art und den Umfang, mit dem die verschiedenen Spulen einer Qualitätssicherung unterzogen wurden. Mit dieser Frage sollte sich ein mögliches Beschränken der qualitätssichernden Messungen auf eine Hauptspule zeigen. Außerdem wurden 3 Parameter ausgewählt, (Signal-Rausch-Verhältnis, Image-Uniformity, Ghosting) die in mehreren Veröffentlichungen, u.a. bei Firebank, Harrison, Di Nallo, Ortenzia und Friedman als wichtige und sensitive Parameter, für eine Minderung der Qualität der Messergebnisse eingestuft wurden. Diese Parameter wurden gesondert betrachtet.

Abgeschlossen wurde der Fragebogen mit Fragen nach der Akzeptanz qualitätssichernder Maßnahmen und mit Fragen zur Notwendigkeit, Zertifizierung und Bezahlbarkeit der Qualitätssicherung. Hier sollte die ausfüllende Person jeweils ihre subjektive Meinung äußern. Mit diesen Fragen wurde versucht, einen Überblick zu bekommen, in welchem Umfang Qualitätssicherung bei den Angestellten einer MR-Abteilung akzeptiert wird und für wie wichtig die Durchführung einer solchen eingeschätzt wird. Anhand der persönlichen Daten des ersten Fragebogenteils, bestand die Möglichkeit diese Aussagen zur Akzeptanz mit der jeweiligen Position der ausfüllenden Person in der Abteilung in Zusammenhang zu bringen.

Ganz zum Schluss des Fragebogens konnte die befragte Person außerdem noch auswählen, ob sie eine zentrale Speicherung aller mit dem MR-Gerät, zu Zwecken der Qualitätssicherung erhobenen Daten, wünschte. Dies würde ein selbstständiges, ggf. anonymes Vergleichen der eigenen Daten, mit Daten anderer Institute und Kliniken, auf einer öffentlich zugänglichen Web-Seite ermöglichen.



Vielen Fragen des Fragebogens wurde die Antwortmöglichkeit „weiß nicht“ oder „unbekannt“ (siehe auch Fragebogen im Anhang) zugefügt. Dies sollte die ausfüllende Person motivieren, auch evtl. schwierige Fragen zu beantworten, und somit einem vorzeitigen Abbruch der Befragung vorbeugen.

Der Fragebogen und das persönliche Anschreiben wurden in Microsoft Word® 2007 erstellt und anschließend auf Din-A4-Bögen ausgedruckt. Die verschickten Briefe beinhalteten neben Fragebogen ein persönliches Anschreiben. Darin wurde auf das Ziel der Befragung eingegangen und um Mithilfe gebeten. Zudem lag ein Umschlag zur Rücksendung der ausgefüllten Fragebögen bei, um den Rücklauf positiv zu beeinflussen. Insgesamt wurde auf die vollständige Anonymität der befragten Kliniken und Institute geachtet. Den versandten Fragebögen wurden keine Nummern vergeben und durch die Rückumschläge konnte nicht auf die Absender geschlossen werden. Den absendenden Kliniken und Instituten wurde jedoch die Möglichkeit eingeräumt, mit ihrem jeweiligen Stempel, den äußeren Umschlag zu kennzeichnen umso unter Gewährung der Anonymität, eine differenziertere Aussage zum Rücklauf der Fragebögen machen zu können.

Die Rückantworten wurden von einer nicht an dieser Arbeit beteiligten, dritten Person geöffnet, so dass es ausgeschlossen war, einen ausgefüllten Fragebogen einer bestimmten Klinik oder Person zuzuordnen.

## 2.3 Kliniken und Institute

Nach der Erstellung des Fragebogens musste darüber entschieden werden, an welche Kliniken und Institute der Fragebogen versandt werden sollte. Ziel war es, möglichst viele Kliniken und Institute verschiedener Größen anzuschreiben. Sowohl kleine, regionale Krankenhäuser, als auch MR-Forschungslabore, sollten vertreten sein. Eine solche Datenbank, wie sie für dieses Ziel benötigt worden wäre, gab es in Deutschland zum Zeitpunkt der Befragung nicht.

Insgesamt konnte nur grob geschätzt werden, wie viele MRT-Geräte in Deutschland täglich in Betrieb sind. Laut OECD (Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung) stehen in Deutschland 8,2 Geräte auf 1 Million Einwohner (Organisation for Economic and Development 2005) zur Verfügung. Bei 81 Millionen Einwohnern kam man so im Jahr 2005 auf eine geschätzte Anzahl von ca. 640 MR-Geräten.

Da somit nicht einfach auf eine bestehende Datenbank zurückgegriffen werden konnte, mussten die Kliniken und Institute, welche einen Fragebogen erhalten sollten, anders ausfindig gemacht werden.

Als erstes wurden von allen Universitätskliniken in Deutschland, Österreich und der Schweiz über ihren jeweiligen Internetauftritt die Adressen zusammengetragen. Bei den Unikliniken wurde davon ausgegangen, dass jede Klinik mindestens ein MRT-Gerät haben würde. Um den Fragebogen zielgerichteter einzusetzen, wurden jeweils die Klinik für Neurochirurgie oder das Neuroradiologische Institut angeschrieben. Die Vorselektion dieser Abteilungen wurde getroffen, um so eine Abteilung zu befragen, welche sich insgesamt sehr häufig und regelmäßig mit dem MRT beschäftigt.

Weitere Adressen, hauptsächlich von kleineren Kliniken, städtischen- und Kreiskrankenhäusern, wurden über die Internetseite „[www.kliniken.de](http://www.kliniken.de)“ ausgewählt. Auf dieser Seite sind alle Kliniken in Deutschland, sortiert nach ihren Postleitzahlen und mit ihrer Adresse und ihrem Internetauftritt vertreten. Aus jedem Postleitzahlenbereich wurden die Kliniken ausgewählt, die laut ihrer Webseite mindestens ein MRT in ihrem Haus hatten. Ausgeschlossen wurden Rehabilitationskliniken, Kurkliniken und Privatkliniken. Außerdem wurden Kliniken ausgeschlossen, die nur ein MRT-Gerät, in einer an das Klinikum angeschlossenen, privaten Praxis nutzten.

Daraufhin bekamen alle MR-Labore einen Fragebogen, welche ihre Adressen auf der Internetseite der ISMRM (International Society for Magnetic Resonance in Medicine) hinterlegt hatten. Eingeschlossen waren hier auch technische und physikalische MR-Labore, sowie alle Forschungszentren, die ihre Adresse hinterlegt hatten.

Durch dieses Auswahlverfahren kam es zu einer Liste mit 252 Kliniken und Institute. (n=252; Grundgesamtheit)

Alle Fragebogen wurden im August 2010 verschickt mit der Bitte um Rücksendung bis Ende September 2010. Die Darstellung der Ergebnisse in dieser Arbeit erfolgte ausschließlich in anonymisierter Form. Nach Beendigung der Auswertungen wurden alle Datensätze in anonymisierter Form archiviert.

## 2.4 Datenauswertungen / Statistik

Die ausgefüllten und zurückgesendeten Fragebögen wurden fortlaufend nummeriert, anschließend wurden die Daten in Excel und SPSS aufbereitet und ausgewertet. Als statistisch signifikant wurde ein zweiseitiger p-Wert von  $<0,05$  festgelegt. Unter Berücksichtigung des Skalenniveaus erfolgte eine Auswertung in erster Linie nach Häufigkeiten.

Der komplette Fragebogen und das beigefügte Anschreiben sind im Anhang wiedergegeben.

## 2.5 Literaturrecherche

Die Literaturrecherche wurde kontinuierlich über einen Zeitraum von Juni 2010 bis Dezember 2013 betrieben. Die am häufigsten genutzte Internetadresse war dabei:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>.

Es wurde sowohl mit deutschen wie auch englischen Suchbegriffen gearbeitet.

## 2.6 Beschreibung der Grundgesamtheit und Studienteilnehmer

Die Grundgesamtheit von 252 Kliniken und Instituten wurde zu Beginn in vollem Umfang in die Studie eingeschlossen. Bei einer letztmaligen Prüfung, vor dem Versand aller Fragebögen, wurden jedoch zwei Empfänger aussortiert, da es sich hierbei nach genauerer Recherche um Adressen handelte, die

lediglich an der Herstellung von MR-Geräten beteiligt waren, jedoch keine Messungen im Sinne von Forschungsprojekten mit den Geräten durchführten. (zu Grundgesamtheit, siehe Tabelle 1)

An der **Befragungsaktion** hatten sich insgesamt **71 Einrichtungen** beteiligt, was einer **Rücklaufquote von 28%** entsprach.

Anfang Oktober 2010 konnten so insgesamt **71 komplett ausgefüllte Fragebögen** ausgewertet werden.

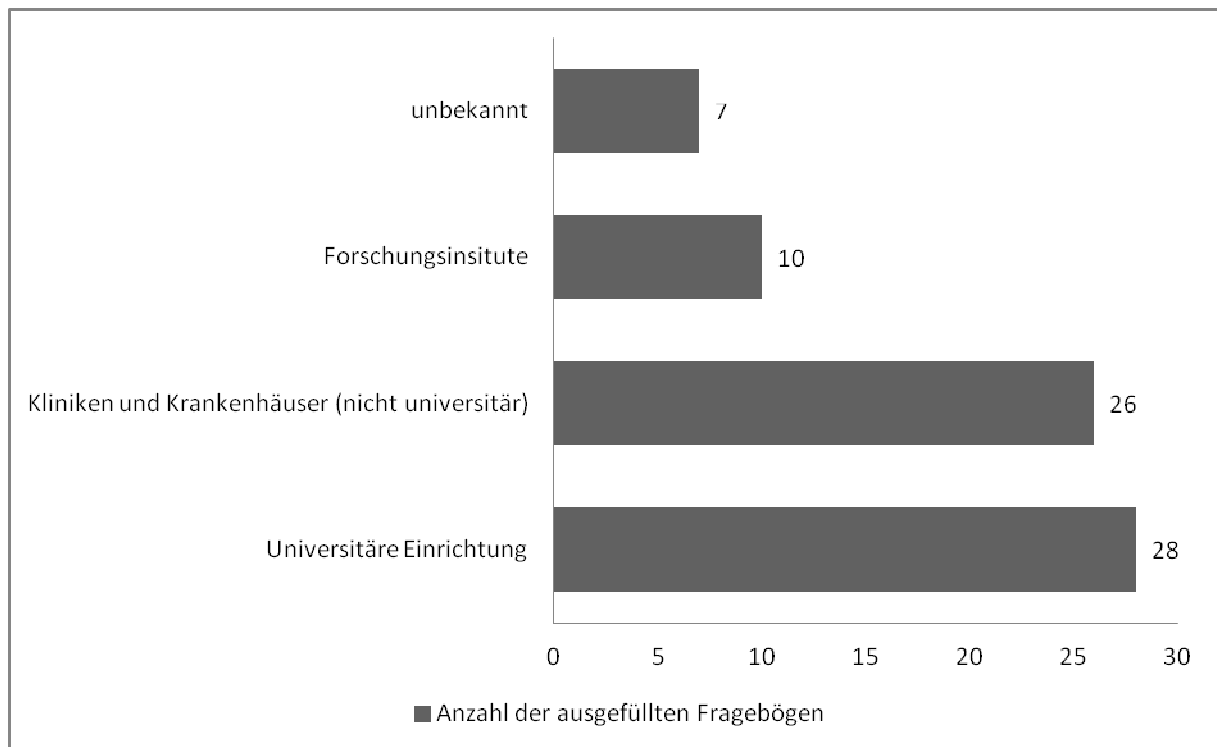
	Grundgesamt heit	Teilnehmer	%	Nicht- Teilneh mer	%	Davon nicht zustell- bar	Davon nicht versandt
<b>Einrichtungstyp</b>							
Universitäre Einrichtung	n=93	n=28	30	n=65	70		
Kliniken und Krankenhäuser	n=127	n=26	20	n=101	80		
Forschungsinstitute	n=32	n=10	31	n=22	69	n=2	n=2
<b>gesamt</b>	n=252	n=64 (+7) ->71		n=188 (- 7) ->181			

**Tabelle 1: Rücklaufquoten**

Zusätzlich zu den oben dargestellten, 64 eindeutig zuzuordnenden Fragebögen, kamen **7 weitere**, vollständig ausgefüllte Bögen, welche nur in Klammer in der Tabelle aufgeführt sind, da hier der freiwillige Absenderstempel auf den äußeren Umschlägen fehlte.

Eine genauere Auswertung ergab folgenden Überblick:

Prozentual betrachtet, lagen die Rücklaufquoten bei den universitären Einrichtungen und den Forschungsinstituten mit 30 und 31 Prozent fast gleich auf. Mengenmäßig jedoch, machen die ausgefüllten Fragebögen der universitären Einrichtungen mit 28 Bögen, gefolgt von den ausgefüllten Bögen der Kliniken und Krankenhäusern mit 26 Stück, den Hauptteil der vorliegenden Daten aus.



**Graphik 1: Darstellung der ausgefüllten Fragebögen**

Die Rücklaufquote hätte möglicherweise höher sein können, wenn eine persönliche oder telefonische Kontaktaufnahme mit den ausfüllenden Kliniken und Instituten möglich gewesen wäre. Für eine anonyme schriftliche Befragung, ohne direkten Ansprechpartner und mit über das Internet recherchierten Adressen, bei denen keine intensive Prüfung der Richtigkeit unternommen wurde, wurde die Rücklaufquote als akzeptabel angesehen.

## **2.7 Gründe für die Nichtteilnahme / Ausschluss**

Von den insgesamt 250 angeschriebenen Kliniken und Instituten haben 181 nicht geantwortet, dies beträgt 72%. Von 250 Einrichtungen haben 101 Kliniken und Krankenhäuser, 22 Forschungsinstitute und 65 universitäre Einrichtungen nicht geantwortet. Über die möglichen Gründe der Nichtteilnahme lagen keine Informationen vor.

### 3. Ergebnisse – Auswertung der Befragung

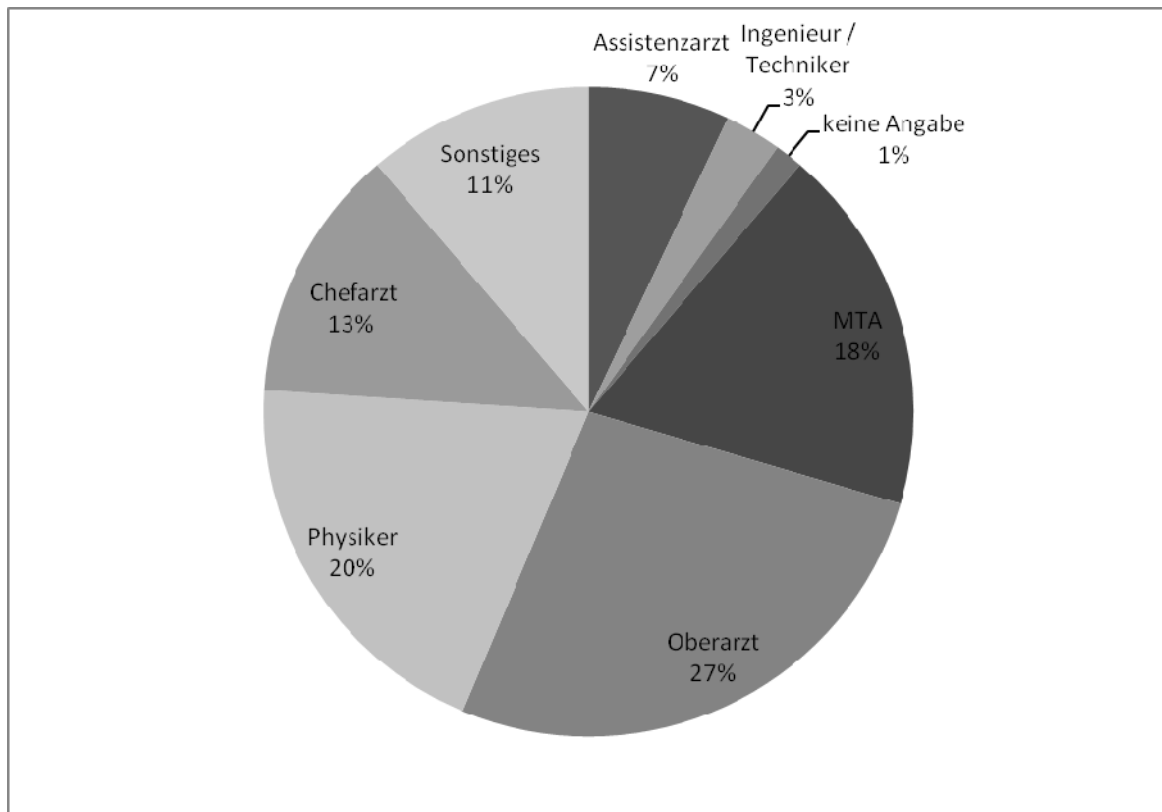
Anhand der vorliegenden Daten konnten folgenden Ergebnisse zusammen gestellt werden:

Da der Fragebogen in zwei Teile geteilt ist, werden auch die Ergebnisse in zwei großen Blöcken dargestellt. Zu Beginn der Auswertung, was auch den ersten Fragen im Fragebogen entspricht, werden die erhobenen soziodemographischen Daten, mit Angaben zur Funktion, Qualifikation und MR-Erfahrung der ausfüllenden Person dargestellt. Außerdem wird eine Übersicht über die jeweilige Klinik oder Institution, mitsamt technischen Daten des MRT-Gerätes, gegeben.

Daraufhin folgt der Hauptteil des Fragebogens, welcher sich im Großen und Ganzen mit der Fragestellung der Qualitätssicherung und ihrer Durchführung beschäftigt.

### 3.1 Soziodemographische Daten

Zuerst stellte sich die Frage, von welcher Personengruppe der Fragebogen beantwortet wurde. In der folgenden Abbildung ist dies zusammengefasst:



Graphik 2: Ausfüllende Berufsgruppen in Prozent

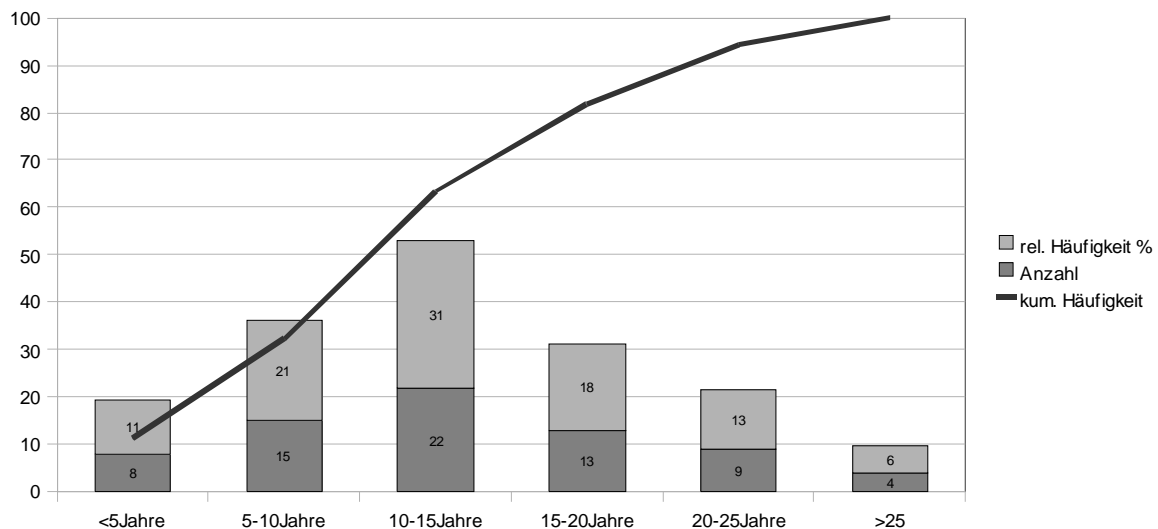
An der Spitze, mit den meisten Antworten stand die Personengruppe der Oberärzte, gefolgt von den Physikern und den medizinisch technischen Assistenten, als Vertreter des schwerpunktmäßig technisch orientierten Personals.

Die Chefärzte, bzw. Leitungen der jeweiligen Kliniken und Institute folgten an vierter Stelle, mit einem Wert von 13 Prozent. Den Schluss bildete die Personengruppe der Assistenzärzte, sowie die Gruppe unter der sonstige Antworten (EDV-Beauftragter, Chemiker und keine Angaben) zusammengefasst wurden.



Als weitere Frage, die ausfüllende Person betreffend, wurde die Erfahrung der jeweiligen Person mit dem MRT Gerät erhoben.

Die befragten Personen hatten hier die Möglichkeit sich vorgegebenen Gruppen (<5, 5-10, 10-15, Jahren Erfahrung am MRT...) zuzuordnen.

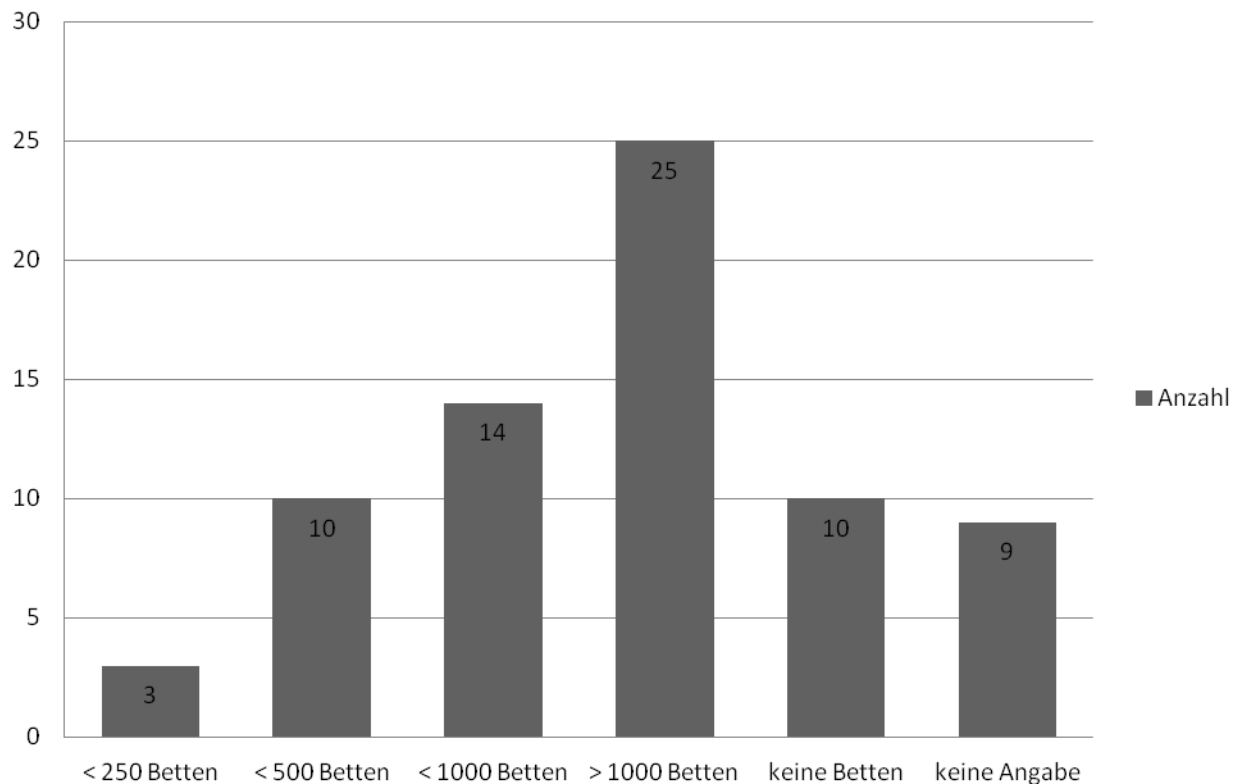


Graphik 3: MRT-Erfahrung der befragten Personen

Die meisten Antworten kamen von der Gruppe der Personen mit „10-15-Jahren MRT-Erfahrung“, gefolgt von der Gruppe der Personen mit „5-10-Jahren Erfahrung“. 8 Personen ordneten sich der Gruppe mit weniger als 5 Jahre Erfahrung mit dem MRT-Gerät zu und 4 Personen bildeten nach oben die Gruppe der Personen, welche mehr als 25 Jahre mit dem MRT-Gerät gearbeitet hatten.

Nach den Fragen zur ausfüllenden Person, folgten nun im Fragebogen die Fragen, welche das MRT-Gerät und die jeweilige Institution bzw. Klinik betrafen.

Weitere, differenziertere Angaben, in Bezug auf die Herkunft der Antworten auf dem Fragebogen, wurden in der folgenden Abbildung dargestellt. Hier wurde aufgeschlüsselt, in wie fern es sich um eine bettenführende Abteilung handelte, bzw. konnte anhand der Bettenzahlen eine Aussage über die Größe der antwortenden Kliniken gemacht werden. Bei dieser Frage waren die in der Tabelle übernommenen Abstufungen vorgegeben und die ausfüllende Person konnte ihre Abteilung oder Klinik somit einer Gruppe zuordnen.



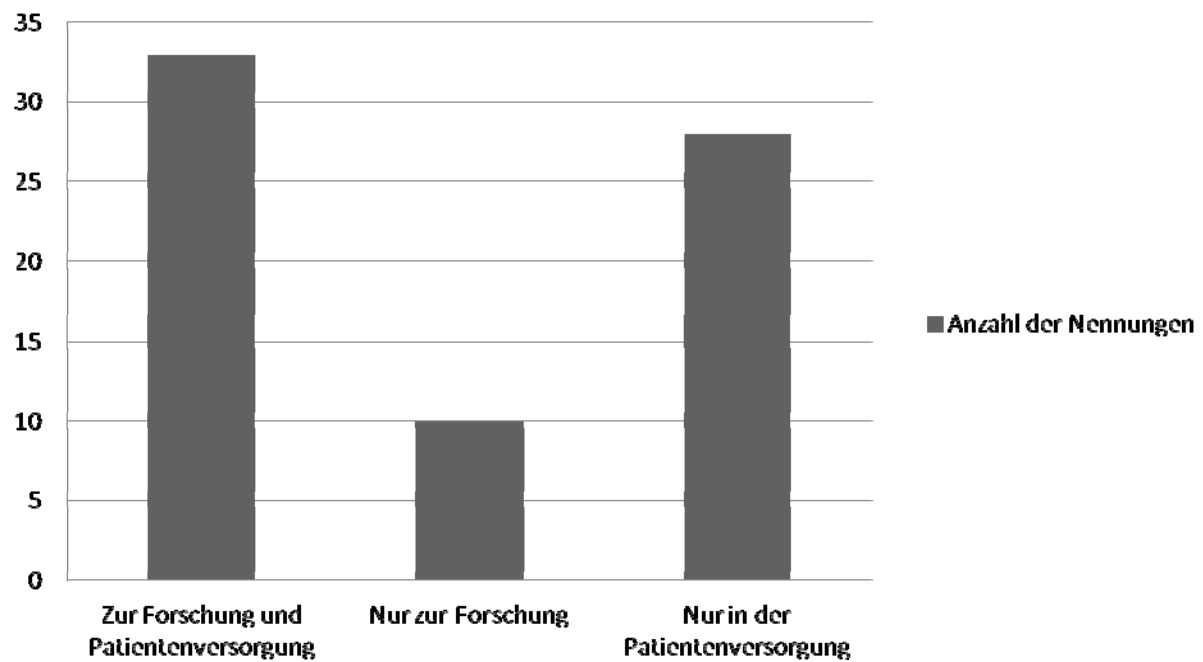
**Graphik 4: Bettenzahl der befragten Kliniken und Institute**

Entsprechend der Rücklaufquote zeigte sich hier, dass mit 25 Nennungen die Gruppe der „Bettenzahl über 1000 Betten“ an erster Stelle lag. Bei dieser Größenordnung ist mit großer Wahrscheinlichkeit von einer universitären Einrichtung auszugehen.

Übertragen auf die durchgeführte Studie zeigte sich somit, dass universitäre Einrichtungen zusammen mit Häusern der Maximalversorgung (entspricht den Nennungen „Bettenzahl zwischen 500 und 1000 Betten“) eine hohe Beteiligungsquote erreichten. In ausreichenden Maß sind jedoch auch nicht bettenführende, am ehesten wissenschaftliche Institutionen und kleine, eher regional versorgende Kliniken, („Bettenzahl bis 500 Betten“) vertreten.

Gerade diese Gruppe der kleineren Kliniken sollte in dieser Studie, in Bezug auf die durchgeführte Qualitätssicherung, mit berücksichtigt werden.

Nach der Frage zur Bettenzahl folgte nun die Frage nach dem Einsatzbereich des MRT-Gerätes. Hier wurden drei verschiedene Antwortmöglichkeiten vorgegeben.



**Graphik 5: Nutzung des MRT-Gerätes**

Abgeschlossen wurde der erste Teil des Fragebogens mit der Erfassung der genauen Angaben zum jeweiligen Equipment. Abgefragt wurde hierbei der Hersteller des MRT-Gerätes, das Alter und die Feldstärke des Gerätes.

Mit deutlichem Abstand wurde am häufigsten (46 Nennungen) die Firma Siemens als Herstellerfirma des MRT-Gerätes angegeben. Auf Platz zwei folgte die Firma Philipps mit 20 Nennungen. Außerdem wurden mit jeweils 5 Nennungen die Firmen Bruker und GE Healthcare angegeben.

Im Jahr 2008 wurden die meisten Geräte aufgestellt, gefolgt vom Jahr 2006. Laut den Angaben zum Aufstellungsjahr wurden die ersten Geräte, die mit dieser Studie erfasst wurden, bereits im Jahr 1984 aufgestellt. (siehe hierzu auch Abbildungen im Anhang)

Als Ergänzung zum Alter des MRT wurde die Feldstärke der Geräte abgefragt. Nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die Antworten.

Feldstärke in Tesla	Anzahl der Nennungen
<1,5	8
1,5	51
1,6-3	27
>3	10

**Tabelle 2: Feldstärke der MRT**

Hier zeigte sich eine deutliche Mehrheit bei der Gruppe der 1,5 Tesla Geräte mit 51 Nennungen. Eine zweite große Gruppe ergibt sich im Bereich 1,6-3 Tesla, was der Magnetfeldstärke den Geräten der neuen Generation entspricht.

Die vorliegende Verteilung entspricht im Großen und Ganzen der Realität. Die meisten Universitätskliniken sind zum heutigen Zeitpunkt mit einem Gerät der zweiten oder dritten Gruppe ausgestattet. Dies wurde schon zu Beginn der Befragung, zum Zeitpunkt der Recherche bezüglich möglicher Kliniken und Institute, deutlich. Bei der Suche nach einer Kontaktadresse, wurde im Vorfeld überprüft, ob und in welcher Form ein MR-Gerät der ausgewählten Klinik zur Verfügung stand. Hier bestätigte sich die Annahme, dass die meisten universitären Einrichtungen aktuell mit einem MRT-Gerät mit mindestens 1,5 Tesla ausgestattet sind.

Bei eben dieser Frage bestand die Möglichkeit, mehr als ein Item zu wählen. Hierdurch erklärte sich auch die Gesamtheit von 96 Antworten bei 71 Fragebögen.

Nimmt man die Mittelwerte dieser gesammelten soziodemographischen Daten zusammen so entsteht das folgende Profil:

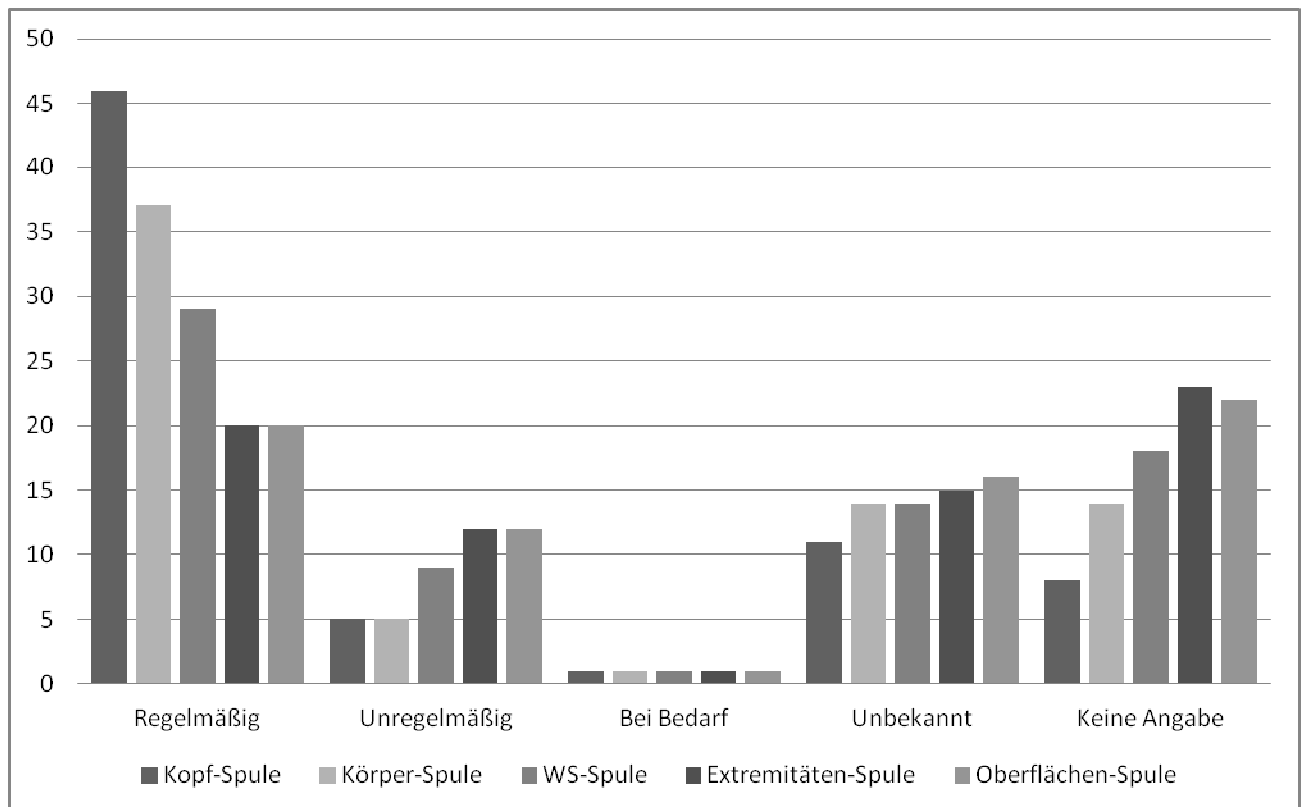
Der Fragebogen wurde von einem Oberarzt beantwortet. Dieser Oberarzt arbeitet seit ca. 10 bis 15 Jahren am ehesten an einer universitären Einrichtung und ist hauptsächlich mit

klinischen Aufgaben beschäftigt. Am MRT, welches ein 1,5 Tesla Gerät ist und von der Herstellerfirma Siemens, verbringt er durchschnittlich 30 bis 40 Stunden pro Woche. Das Gerät ist nicht über die Dauer von 24 Stunden besetzt. Die Arbeitsgruppe rund um das MRT besteht aus ca. 5 Personen. Die meiste Zeit arbeitet in der Arbeitsgruppe eine oder ein MTA mit dem Gerät. (siehe hierzu auch Abbildungen im Anhang)

### 3.2. Daten zur Qualitätssicherung

Auf die erhobenen und dargestellten soziodemographischen Daten folgte der eigentliche Hauptteil des Fragebogens. Dieser Teil bestand aus spezifischen Daten, welche zur Qualitätssicherung im Einzelnen erhoben wurden.

Zu Beginn wurde mit einer Frage die Durchführung qualitätssichernder Maßnahmen in Bezug auf die einzelnen, beim MRT vorhanden Spulen, abgefragt. Hier wurden die fünf gängigsten und in der Regel am häufigsten gebrauchten Spulen vorgegeben. Zu jeder Spule sollte zunächst ausgewählt werden, in welchen Abständen eine Qualitätssicherung stattfand. Auch grobe zeitliche Abstände, in denen eine Qualitätssicherung vorgenommen wurde, waren vorgegeben und sollten angegeben werden. Zur Auswahl stand „bei Bedarf“, „regelmäßig“, „unregelmäßig“ und die Möglichkeit „unbekannt“ bzw. „keine Antwort“ anzukreuzen. Diese Frage, zur der Frequenz der Durchführung von Qualitätssicherung, wurde gewählt, um einen Überblick und einen Einstieg in die Thematik zu bekommen.



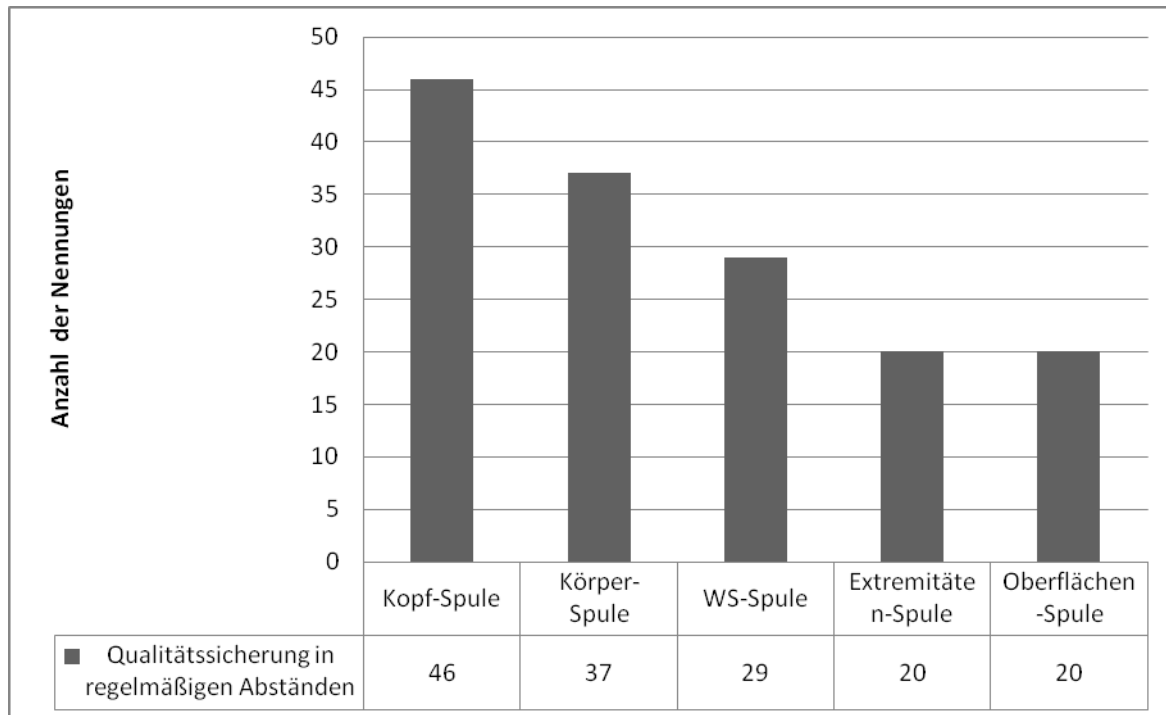
**Graphik 6: Zeitliche Darstellung der Qualitätssicherung der einzelnen Spulen**

	Kopf-Spule	Körper-Spule	WS-Spule	Extremitäten-Spule	Oberflächen-Spule
Regelmäßig	n=46	n=37	n=29	n=20	n=20
Unregelmäßig	n=5	n=5	n=9	n=12	n=12
Bei Bedarf	n=1	n=1	n=1	n=1	n=1
Unbekannt	n=11	n=14	n=14	n=15	n=16
Keine Angabe	n=8	n=14	n=18	n=23	n=22

**Tabelle 3: Qualitätssicherung innerhalb der einzelnen Spulen**

Anhand der zeitlichen Vorgaben, welche den einzelnen Spulen zuzuordnen waren, ließen sich somit mehrere Gruppen bilden.

Die Kopf-Spule lag in der Gruppe „regelmäßig“ an erster Stelle mit 46 Nennungen, gefolgt von der Körper-Spule und der Wirbelsäulen-Spule. Mit jeweils 20 Nennungen folgten dann die Extremitäten- und die Oberflächenspule. In der Gruppe „unregelmäßig“ und in der Gruppe „unbekannt“ zeigte sich ein genau umgekehrtes Bild zur Gruppe „regelmäßig“.



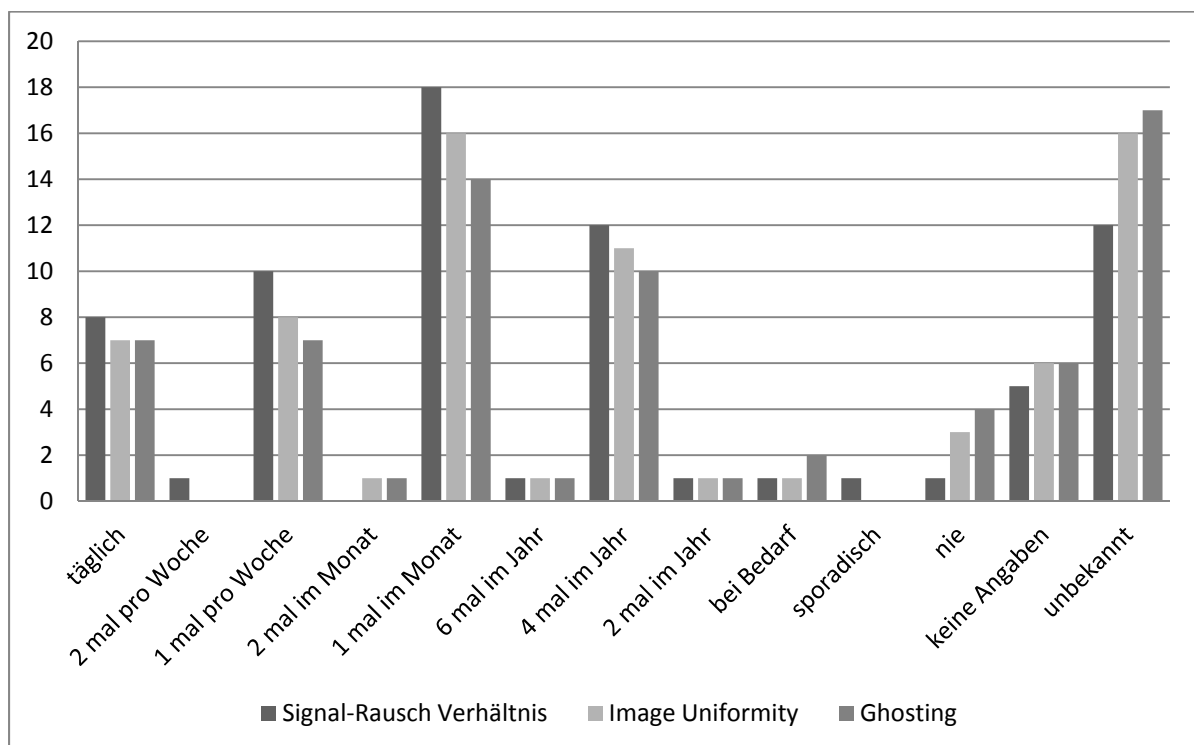
#### Graphik 7: Überblick - Qualitätssicherung in regelmäßigen Abständen

Wie auch schon bei Koller et al. beschrieben, zeigte sich hier ebenfalls, dass die Kopf-Spule am häufigsten einer Qualitätssicherung unterzogen wurde und die restlichen Spulen eher nachrangig behandelt wurden.

Bei diesem Ergebnis könnte man die Vermutung anstellen, dass häufig, die im Rahmen der Qualitätssicherung gemessenen Werte für eine Spule, für alle weiteren Spulen übernommen werden und komplette Testmessungen, mit allen zur Verfügung stehenden Spulen, in eher unregelmäßigen Abständen durchgeführt werden. Auch zählt die Kopf Spule, mit welcher insbesondere eine Bildgebung des Gehirns angefertigt wird, zu den Spulen, welche Aufnahmen liefern soll, die höchst präzise und wenn möglich so Artefakt arm wie möglich sein sollten. Dies wäre eine mögliche Erklärung dafür, dass insbesondere bei der Kopf-Spule regelmäßiger Qualitätssicherung durchgeführt wurde.

In der nächsten Frage sollten ausgewählte Parameter, die in verschiedenen Veröffentlichungen, mit einem direkten Bezug zur Qualitätssicherung, als wichtig angesehen

wurden, mit vorgegebenen Angaben zum zeitlichen Abstand der durchgeführten Qualitätssicherung in Verbindung gebracht werden. Bei den ausgewählten Parametern handelte es sich um das „Signal-Rausch Verhältnis“, „Image Uniformity“ und „Ghosting“. Während der Literaturrecherche zum Thema Qualitätssicherung am MRT waren diese drei Parameter als Messgrößen in mehreren Studien hervorgehoben worden. (Ihalainen, Sipila et al. 2004; Zhuo and Gullapalli 2006)



**Graphik 8: Zeitliche Abstände der Messung ausgewählter Parameter**

Siehe hierzu auch Tabelle 3 im Anhang

Wie schon bei den einzelnen Spulen, so zeigte sich auch hier ein bestimmter Trend. Mit einigen Nennungen Vorsprung, wurde der Parameter „Signal-Rausch Verhältnis“ als der am häufigsten gemessene Parameter angegeben. „Image Uniformity“ und „Ghosting“ folgten auf den weiteren Rängen und wurden zudem zu einem großen Teil als „unbekannt“ eingestuft.

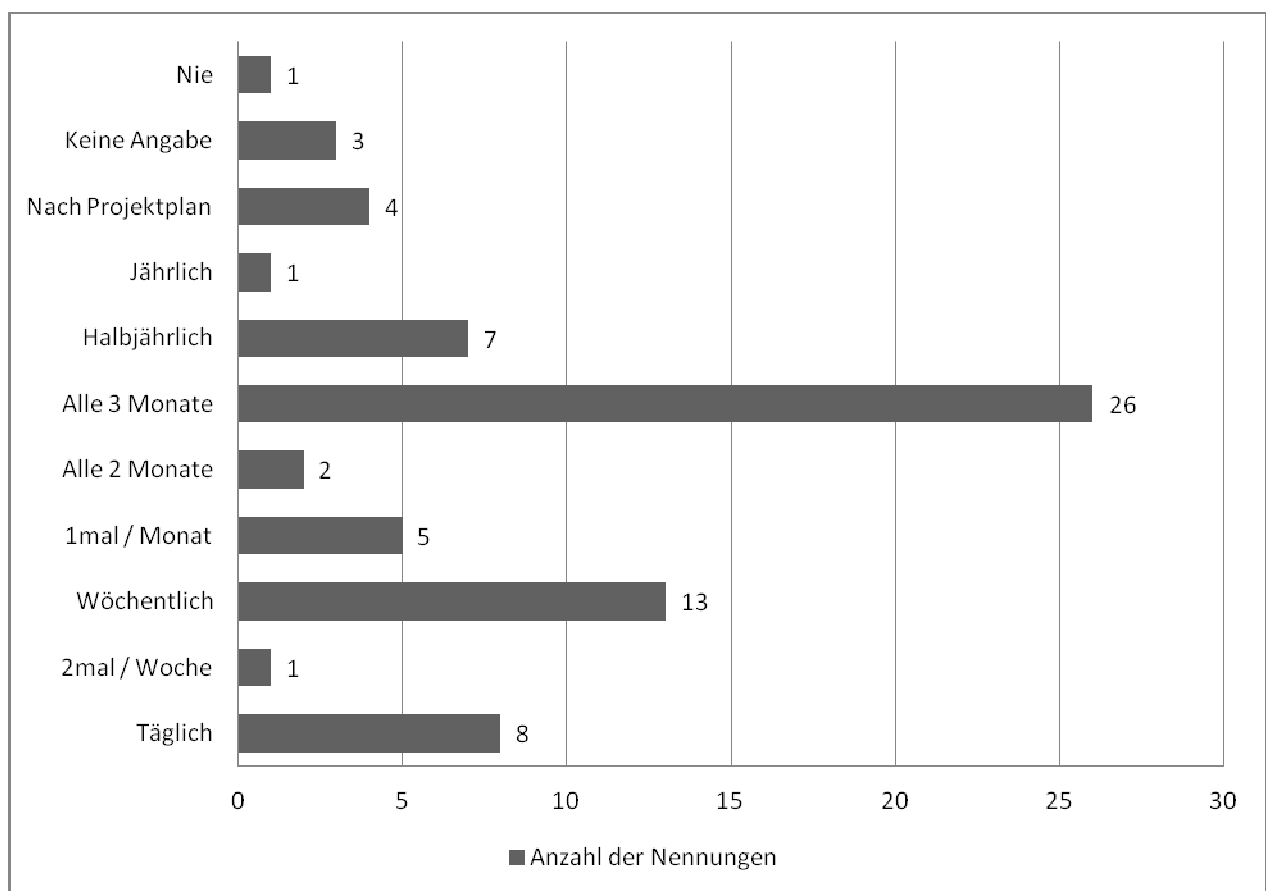


Im Fragebogen waren für diese Frage mehrere Antwortmöglichkeiten vorgegeben. Diese Vorgabe nutzten einige ausfüllende Personen nicht, was dazu führte, dass die Antworten differenzierter als eigentlich im Fragebogen konzipiert ausfielen und in Graphik Nr. 8 dargestellt sind.

Insgesamt soll die Graphik veranschaulichen, dass die meisten Messungen der drei Parameter monatlich durchgeführt wurden.

Um die zeitlichen Abstände der durchgeführten Qualitätssicherungsmaßnahmen noch differenzierter und unabhängig von den einzelnen Parametern darzustellen, wurde die folgende Frage im Fragebogen konzipiert.

Abgefragt wurden die zeitlichen Abstände, in denen eine Qualitätssicherung durchgeführt wird. Auch hier waren verschiedene Antwortmöglichkeiten vorgegeben, es bestand jedoch noch zusätzlich die Möglichkeit eine freie Antwort zu geben.

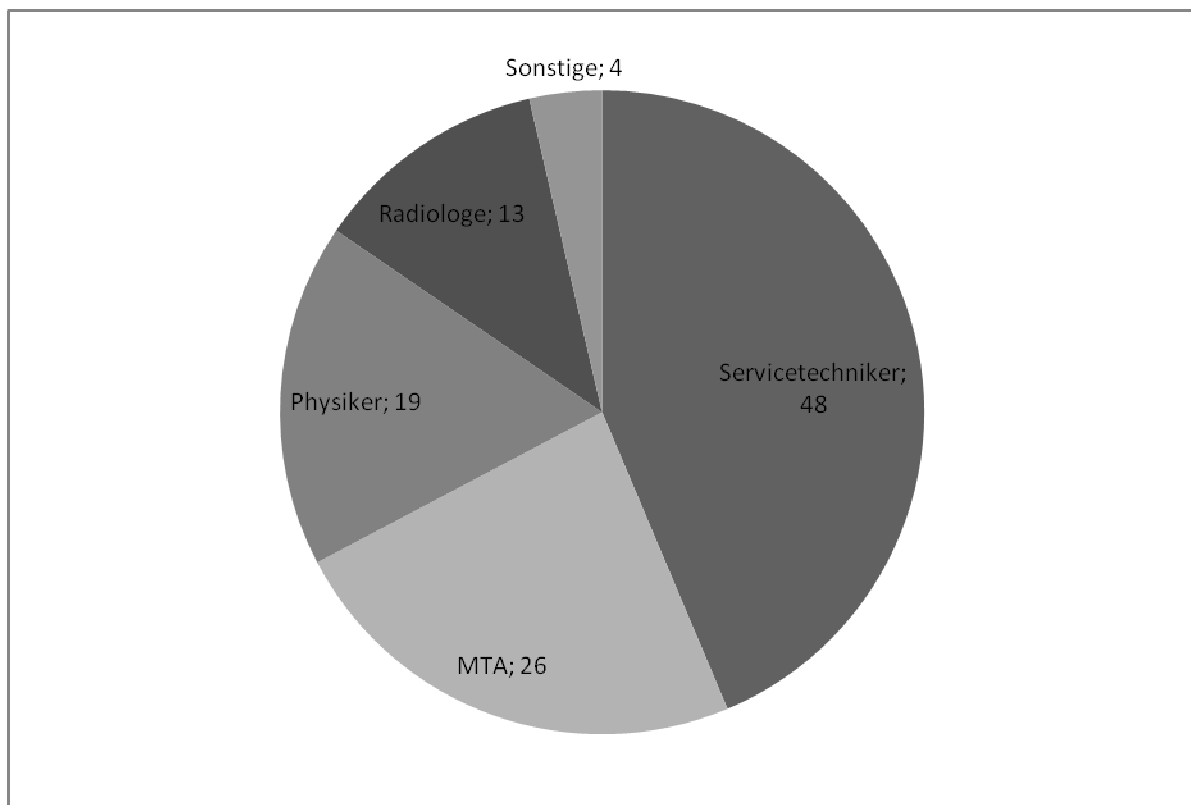


**Graphik 9: Zeitliche Abstände der Durchführung einer Qualitätssicherung allgemein**

Mit 26 Nennungen hob sich hier die Antwort „alle 3 Monate“ sehr hervor. Nachrangig, aber dennoch mit einer großen Anzahl an Nennungen, folgte die Antwortmöglichkeit „wöchentlich“.

Anhand der nächsten Frage sollte nun genau dargestellt werden, welche Personengruppe die Qualitätssicherung durchführt. Vorgegeben wurde eine Auswahl möglicher, mit dem MRT in Verbindung stehender Berufsgruppen.

Da Mehrfachantworten möglich waren, erhöhte sich der Summe der Antworten auf n=110.



**Graphik 10: Anzahl der Nennungen der für die Qualitätssicherung verantwortliche Berufsgruppe**

Mit deutlichem Abstand wurde, wie oben graphisch dargestellt, der Servicetechniker angegeben. Jedoch kann man davon ausgehen, dass ein Servicetechniker auf seiner Visite, zur Kontrolle der Funktionsfähigkeit des MRT-Gerätes, eine Art von Qualitätssicherung durchführt. Da der Begriff der Qualitätssicherung am MRT nicht klar definiert wurde, fielen in Bezug auf diese Frage möglicherweise alle Arten von technischen Messungen unter die Kategorie Qualitätssicherung.

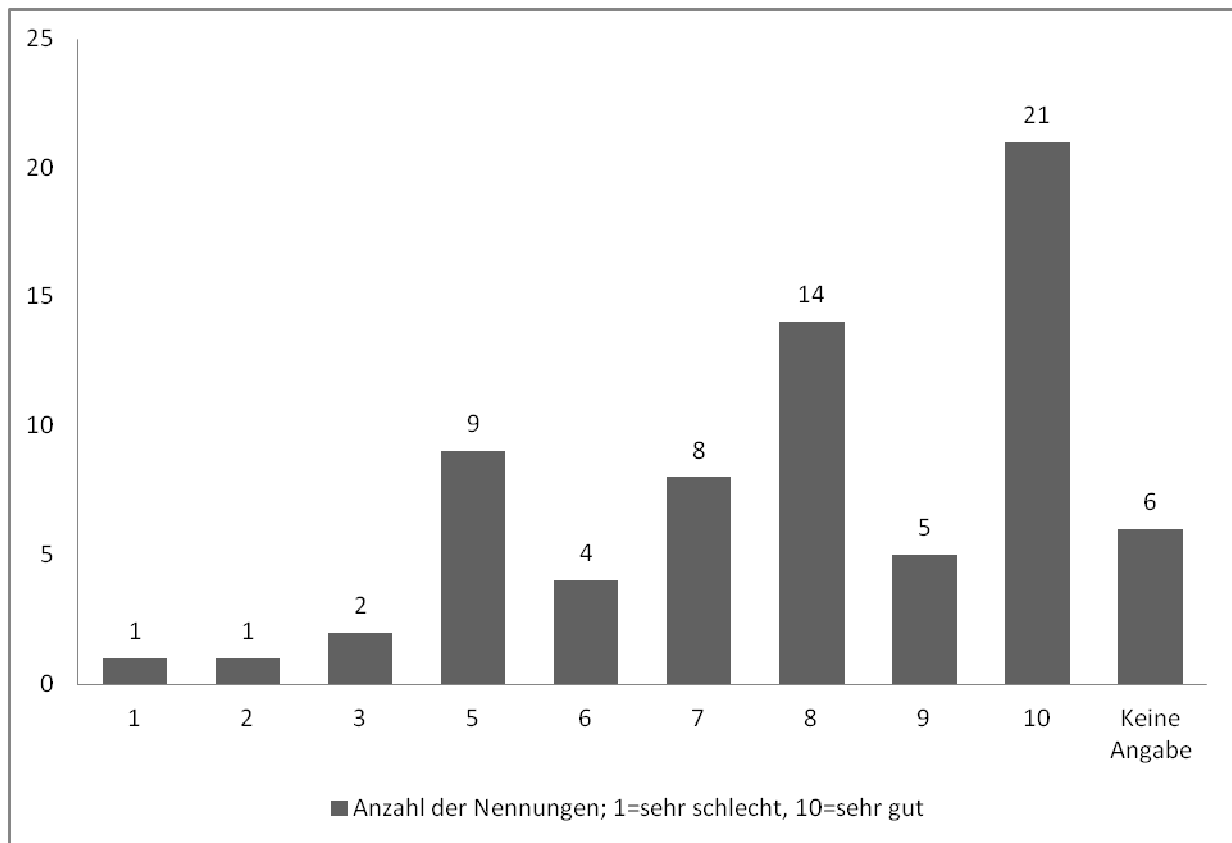
Vernachlässigte man deshalb in dieser Graphik die Servicetechniker, so fielen die meisten Nennungen auf die Berufsgruppe der medizinisch technischen Assistenten ab, gefolgt von der Berufsgruppe der Physiker.

Kombiniert man die letzten beiden Fragen, so konnte man anhand der Ergebnisse am ehesten zu der Schlussfolgerung kommen, dass im zeitlichen Abstand von drei Monaten, der von der Herstellerfirma geschickte Servicetechniker, im Zuge seiner Servicevisite, eine Qualitätssicherung durchführte.

Im Fragebogen folgte nun als nächstes eine Frage, die allgemeine Akzeptanz der Qualitätssicherung, betreffend. Hierfür wurde nach dem Vorbild der Likert Skala eine Skala von 1 bis 10 erstellt.

Der Zahlenwert 1 entsprach der Angabe „sehr schlecht“ und der Zahlenwert 10 entsprach der Angabe „sehr gut“ im Fragebogen. Alle weiteren Zahlen zwischen 1 und 10 entsprachen den jeweiligen Abstufungen zwischen „sehr schlecht“ und „sehr gut“. Die ausfüllenden Personen wurden instruiert, jeweils innerhalb dieses selbsterstellten Maßstabes ihre Angabe einzuordnen. Diese Frage wurde in den Fragebogen aufgenommen, um so anhand der Akzeptanz der Qualitätssicherung, direkte Vergleiche zur Art und Weise und Häufigkeit der Durchführung einer Qualitätssicherung zu ziehen.

Die Antworten hierzu wurden wie folgt graphisch dargestellt.

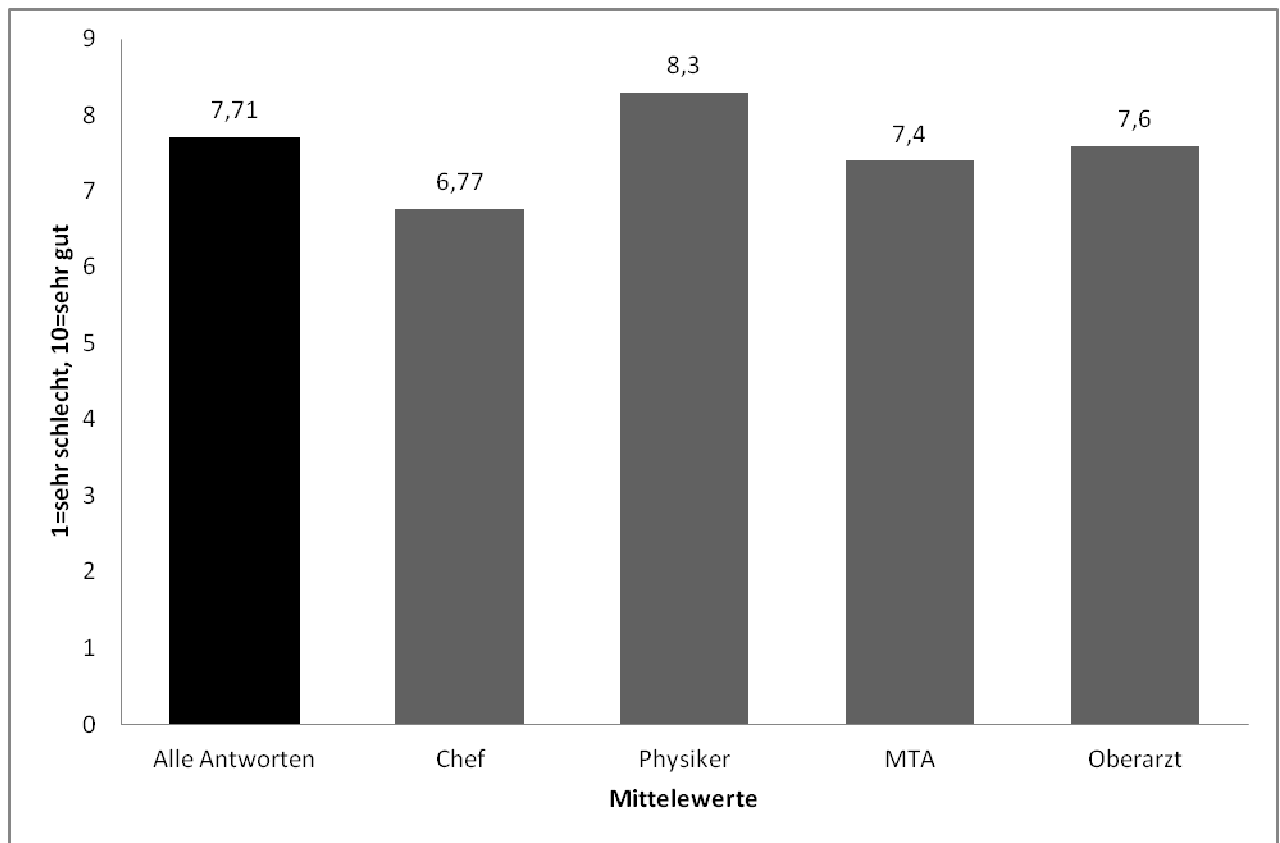


**Graphik 11: Akzeptanz der Qualitätssicherung**

Nahezu zwei Drittel aller Antworten (62 Prozent), abzüglich der Gruppe, welche keine Angaben gemacht hatte, fanden sich im Bereich sehr hoher bis vollständiger Akzeptanz der Qualitätssicherung wieder. Auffällig war jedoch eine zweite Spitze mit 9 Antworten, welche auf der Skala dem Wert fünf entsprachen. Da der Zahlenwert hier genau im mittleren Bereich der Skala liegt, sollte in diesem Fall jedoch auch ein möglicher Bias in Form einer Antwort mit der Tendenz zur Mitte diskutiert werden. (Raab-Steiner, Benesch 2010)

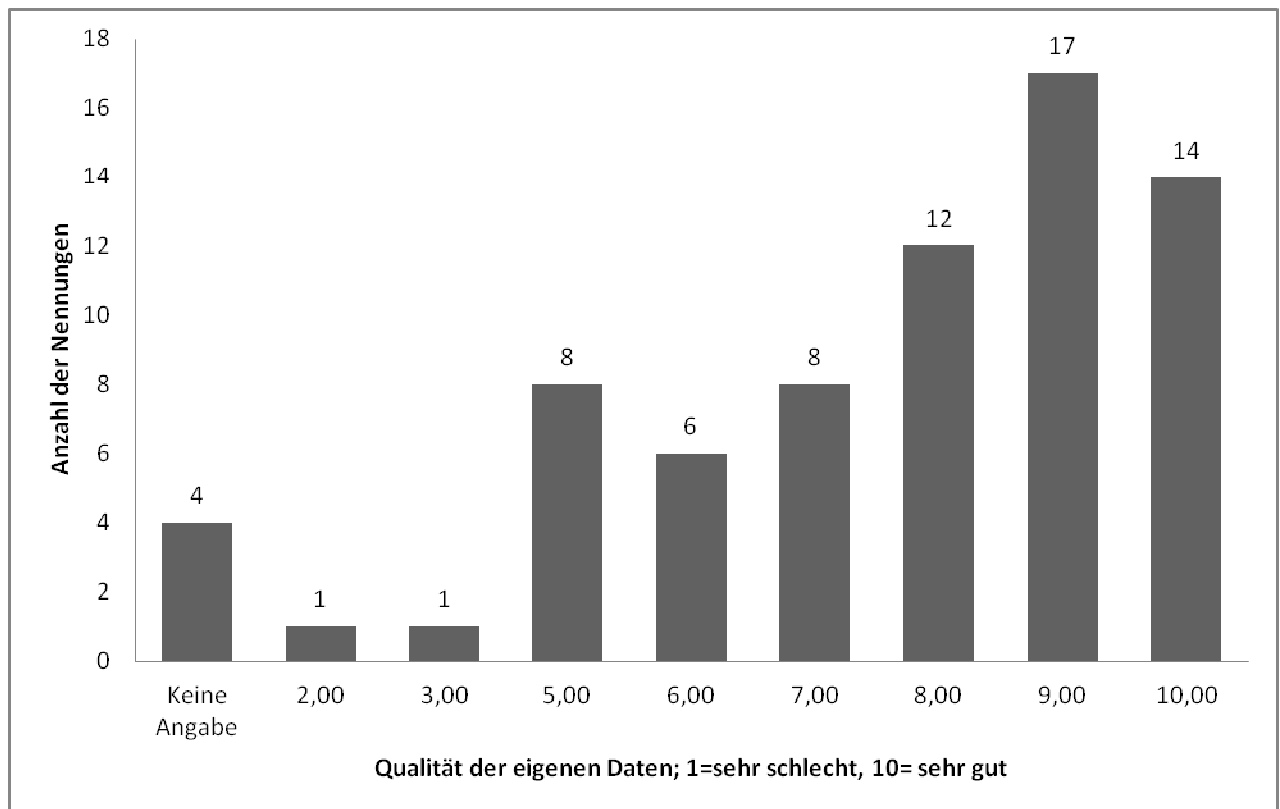
Insgesamt ergab sich unter allen eingegangenen Antworten ein Mittelwert für die Akzeptanz der Qualitätssicherung von 7,71 auf einer Skala von 1 bis 10. Am deutlichsten von diesem Wert nach unten abweichend, waren die Werte, welche von der Personengruppe „Chef“ abgegeben wurden. Unter der Gruppe der Physiker ergab sich im Mittel der höchste Wert. (8,3).

In der unten abgebildeten Tabelle finden sich die einzelnen Berufsgruppen in gesonderten Blöcken dargestellt. Bei den Zahlenwerten handelte es sich um Mittelwerte.



**Graphik 12: Akzeptanz der Qualitätssicherung nach Berufsgruppen getrennt**

Weiter ging es mit der Einschätzung der Qualität, der zum Zeitpunkt der Befragung gemessenen MRT-Daten. Auf diese Frage wurde ein Schwerpunkt gelegt und ausgehend von diesen Werten wurden verschiedene, im Nachfolgenden dargestellten, Vergleiche gezogen. Die Grundüberlegung bei dieser Frage war, dass die Einschätzung der Qualität der eigenen Daten, indirekt ein Maß für die Leistung der Abteilung darstellen könnte. Auf Grund der anonymen Antwortmöglichkeiten wurde davon ausgegangen, dass die Angaben zu dieser Frage relativ ehrlich gemacht worden waren.

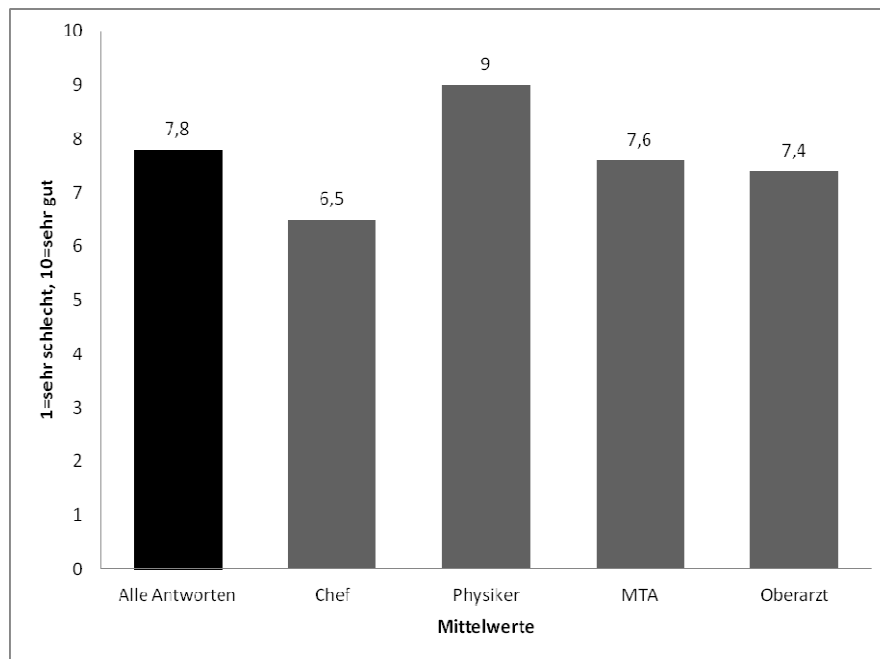


**Graphik 13: Qualität der eigenen Daten auf einer Skala von 1-10**

Auch hier wurden nach dem Vorbild einer Likert Skala Antwortmöglichkeiten von „sehr gut“ bis „sehr schlecht“ zur Verfügung gestellt.

Dreiviertel der Antworten lagen, wie dargestellt, in einem Bereich zwischen 8 und 10 auf einer Skala von 1 bis 10. Das heißt, es wurden Angaben gemacht, welche die Qualität der eigenen Daten als sehr gut einstufen. Nicht zu vernachlässigen war jedoch die Gruppe mit 8 Nennungen, welche lediglich den Wert 5 angegeben hatten, unter Vorbehalt – wie schon erwähnt - dass bei einer Häufung von Antworten im mittleren Bereich einer Skala, ein Bias berücksichtigt werden muss.

Ebenfalls wurden bei dieser Frage wieder, wie bei der vorangehenden Frage, die Werte für jede antwortende Berufsgruppe getrennt betrachtet, um so ein detaillierteres Ergebnis darstellen zu können. Insgesamt ergab sich ein Mittelwert für die Aussagen zur Qualität der aktuellen Daten von 7,8. Dieser Mittelwert wurde in den folgenden Graphiken ebenfalls einbezogen.



**Graphik 14: Qualität der eigenen Daten nach Berufsgruppen getrennt**

Der größte Unterschied, in Bezug auf die Einschätzung der Qualität der eigenen Daten, zeigte sich in der nach Berufsgruppen getrennten Abbildung, im Verhältnis „Chef“ zu „Physiker“. Von der Berufsgruppe „Chef“ wurde mit einem Mittelwert von 6,5 die Qualität der eigenen Daten am schlechtesten eingeschätzt. „MTA“ und „Oberarzt“ lagen fast gleich auf. Von der Berufsgruppe der „Physiker“ wurde die Qualität mit einem Mittelwert von 9 als sehr gut eingeschätzt. Auch im Vergleich zum Mittelwert generell, zeigte sich hier ein deutlich höherer Wert.

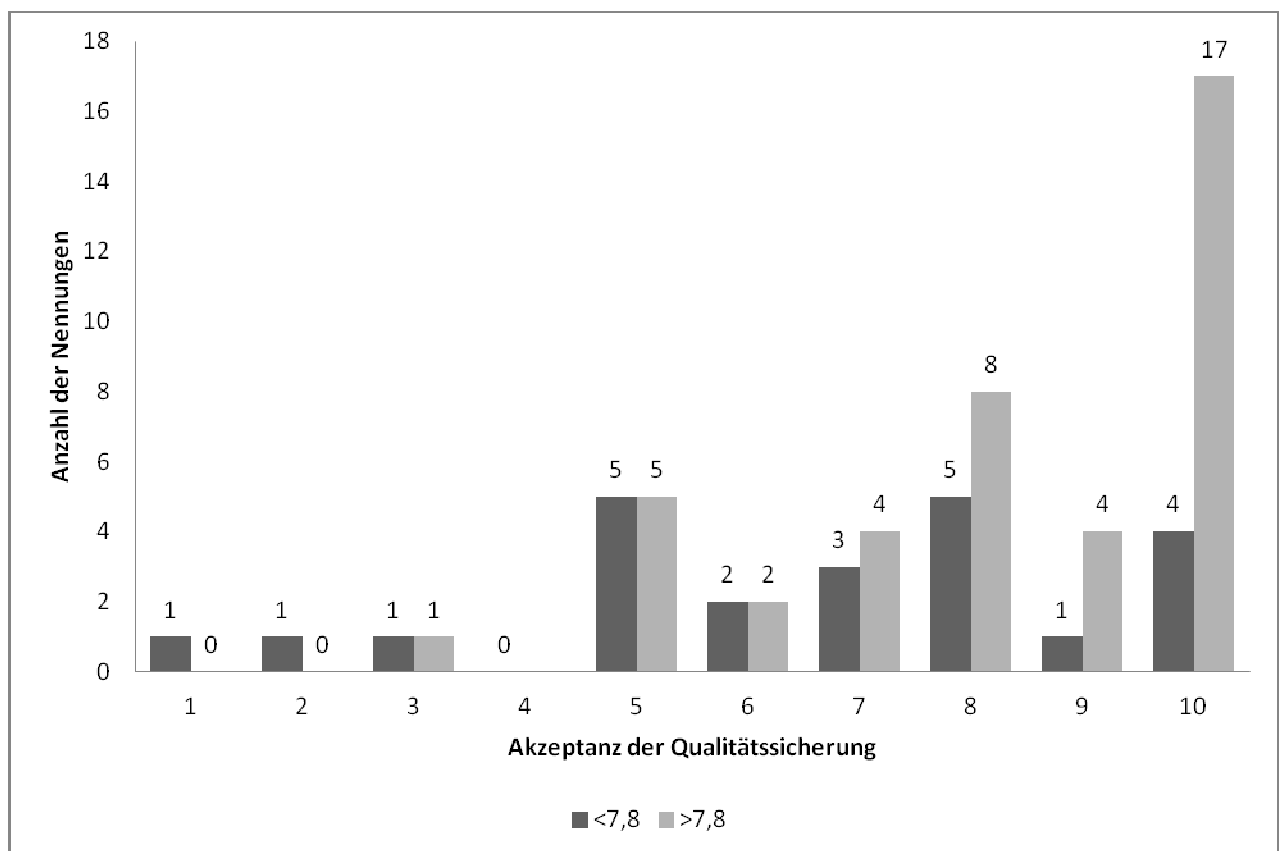
Von dem Mittelwert insgesamt ausgehend, wurden zwei Gruppen gebildet. In der ersten Gruppe befanden sich alle Personen, die die Qualität ihrer Daten entsprechend dem Mittelwert oder besser einschätzten, in die zweite Gruppe wurden alle die Antworten einsortiert, bei denen die Qualität der Daten schlechter als 7,8 eingeschätzt wurde.

Nach dieser Sortierung wurden - die im Fragebogen gestellten Fragen- nach der Akzeptanz der Qualitätssicherung, nach der Durchführbarkeit und nach der Regelmäßigkeit der Durchführung, innerhalb dieser zwei vorsortierten Gruppen betrachtet.

Insgesamt ergab sich für die Akzeptanz der Qualitätssicherung ein Mittelwert von 7,7 auf einer Skala mit Werten von 1 bis 10. Für die beiden oben beschriebenen Gruppen getrennt betrachtet, ergaben sich die folgenden Mittelwerte:

	Mittelwerte für die Akzeptanz der Qualitätssicherung
Qualität der Daten >7,8	8,2
Qualität der Daten <7,8	6,6

Dieser aus der Tabelle schon ersichtliche Unterschied, wurde in der untenstehenden Tabelle noch für die einzelnen Nennungen genauer dargestellt, um detailliertere Aussagen zu möglichen Unterschieden machen zu können.



**Graphik 15: Akzeptanz der Qualitätssicherung zwischen den beiden Gruppen**



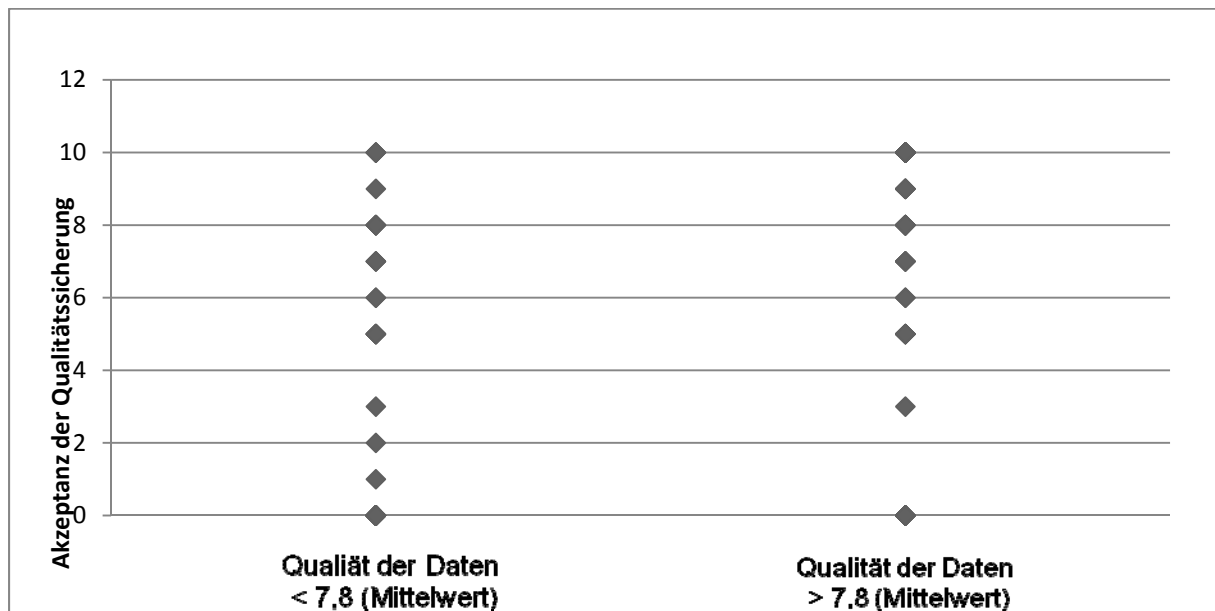
In diesem so dargestellten Vergleich der beiden vorsortierten Gruppen, ergab sich ein statistisch signifikanter Unterschied in Bezug auf die abgefragte Akzeptanz der Qualitätssicherung.

Die Berechnung erfolgte mittels des U-Testes nach Mann und Whitney unter der Annahme, dass es sich bei den beiden gebildeten Stichproben um unabhängige Stichproben handelte, sowie keine Normalverteilung gegeben war.

Die Berechnung an sich erfolgte mit einem, für diesen Test programmierten Kalkulators, zu finden unter [www.holah.karoo.net](http://www.holah.karoo.net)

Aus beiden Zahlenreihen ( $n_1=23$ ;  $n_2=41$ ), bzw. den beiden gebildeten Stichproben wurden zunächst die zugehörigen Prüfgrößen U berechnet. ( $U_1=294$ ;  $U_2=649$ )  $U_1 = n_1 n_2 + 0.5(n_1)(n_1 + 1) - R_1$ , bzw.  $U_2 = n_1 n_2 + 0.5(n_2)(n_2 + 1) - R_2$ . Bei einem U-Wert von 294 waren die Ergebnisse somit signifikant für das Signifikanzniveau  $\alpha=2\%$

Signifikanzniveau  $\alpha$  für: 10%=354; 5%=331; 2%=304



Graphik 16: Akzeptanz der Qualitätssicherung 2

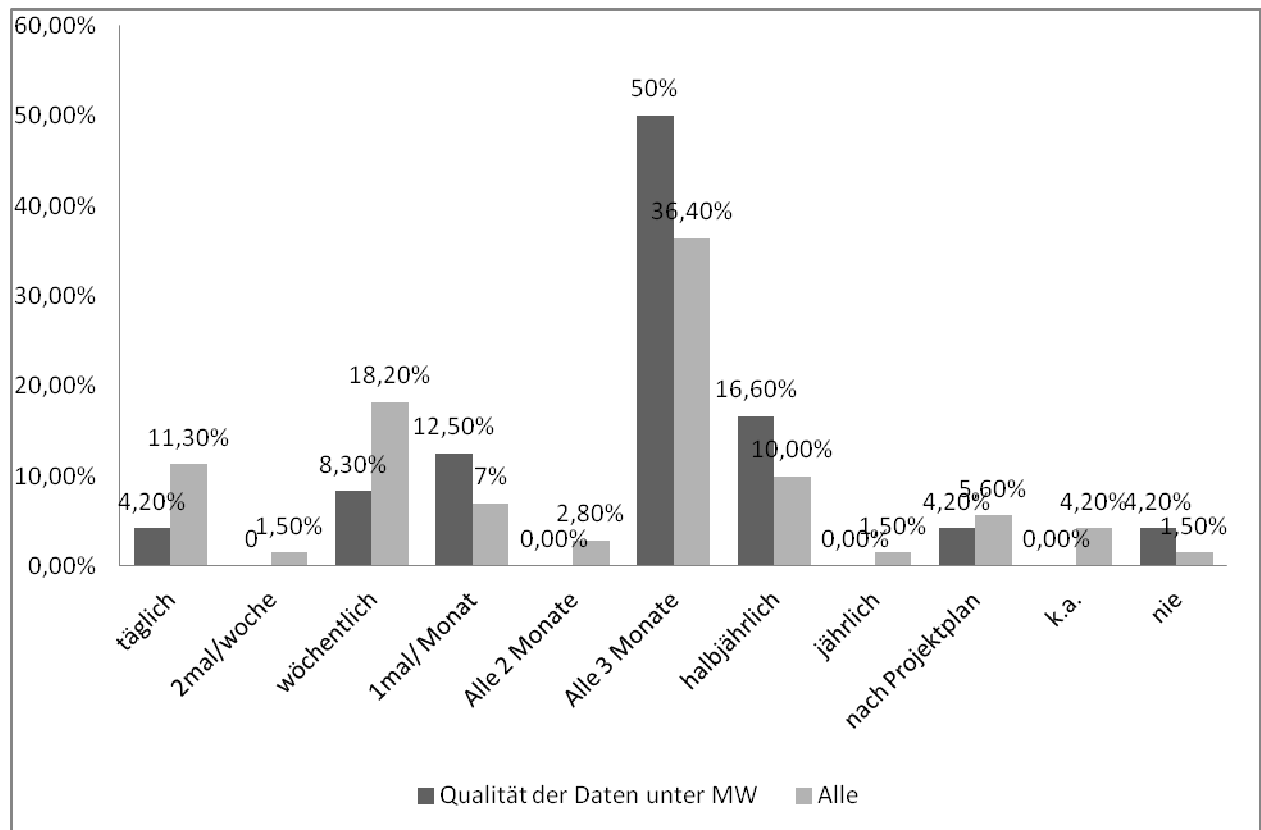
Anhand dieser Darstellung, ließ sich nun im Weiteren diskutieren, in wie fern ein positiver Zusammenhang besteht, zwischen der Einschätzung der Qualität der eigenen Daten, und einer Akzeptanz von Qualitätssicherung.

Weiterhin ausgehend von diesen beiden Gruppen, wurden auch andere Fragen erneut unter dieser Aufteilung betrachtet.

In Bezug auf die Durchführbarkeit der Qualitätssicherung ergaben sich statistisch gesehen keine signifikanten Unterschiede. Außerdem wurden getrennt nach den zwei Gruppen die Antworten in Bezug auf eine Zertifizierung der MRT Anlagen untersucht.

Hierbei ergab sich im Mittel ein Wert von 7,72 für eine Zertifizierung und im Mittel ein Wert von 7,8 gegen eine Zertifizierung von MRT-Anlagen auf einer Skala von 1-10. Der Mittelwert insgesamt lag bei 7,80. Ein signifikanter Unterschied, konnte unter dieser Sortierung ebenfalls nicht festgestellt werden.

Zum Schluss erfolgte noch eine Auflistung der zeitlichen Abstände der Durchführung qualitätssichernder Maßnahmen. Hier wurde, genau wie auch in den zuvor dargestellten Fragen, die Gruppe, welche unterdurchschnittliche Antworten in Bezug auf die Qualität der eigenen Daten gab, getrennt von der Gruppe der überdurchschnittlichen Antworten in Bezug auf die Qualität der eigenen Daten, betrachtet.

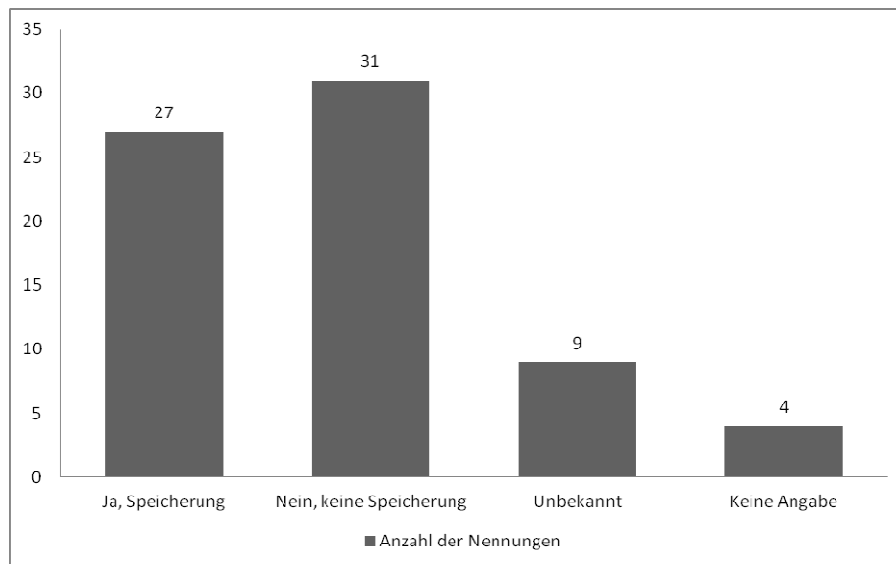


**Graphik 17: Zeitliche Durchführung der Qualitätssicherung in Abhängigkeit der Einschätzung der Qualität der eigenen Daten**

Die Gruppe, welche die Qualität ihrer Daten schlechter als der Mittelwert einschätzte, führte im Vergleich zu der anderen Gruppe eine Qualitätssicherung auch weniger häufig durch.

Auffällig und somit auch ein Aspekt, welcher weiter diskutiert werden sollte, ist hier auch die Anzahl der Nennungen „alle drei Monate“, da sich hinter dieser Antwort, so könnte man auf den ersten Blick vermuten, eine Qualitätssicherung verbirgt, die während der Servicevisite alle drei Monate durch den Servicetechniker durchgeführt wird.

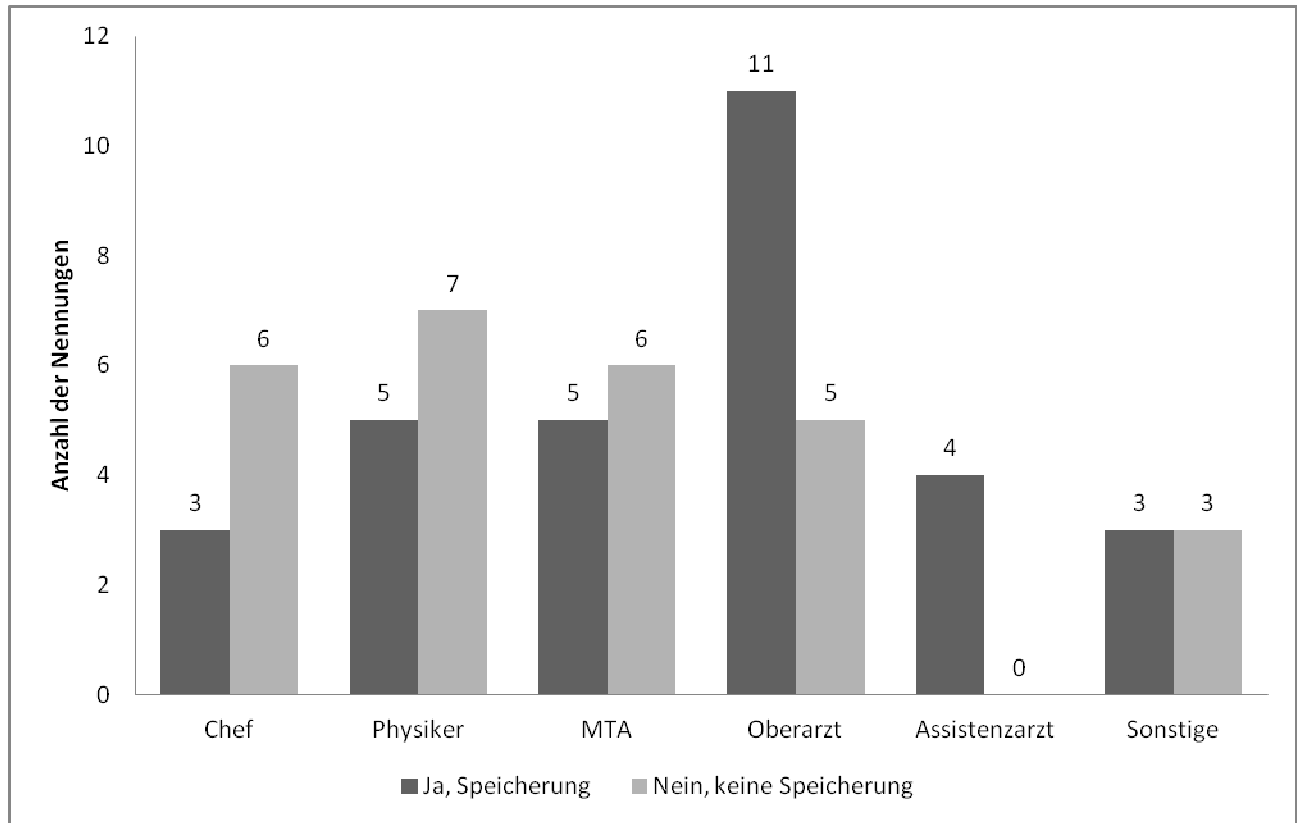
Als letzter Punkt im Fragebogen wurde die Meinung zur Notwendigkeit, bzw. das Interesse an einer zentralen, jedoch anonymen Speicherung, der in der jeweiligen Abteilung gewonnenen Daten abgefragt. Hierbei sollte es sich um eine zentrale Speicherung handeln, welche es möglich machen würde, dass Daten untereinander und miteinander über das Internet abgeglichen werden könnten. Dies sollte eine Möglichkeit darstellen, die mittlerweile sehr zahlreich gewonnenen MRT – Daten, zentral, mit beliebig vielen anderen Kliniken und Instituten zu vergleichen und auch jederzeit eine Rückmeldung über Abweichungen der eigenen Daten zu bekommen.



**Graphik 18: Wird eine zentrale Speicherung der Daten gewünscht?**

Wie dargestellt, ergab diese Frage kein eindeutiges Ergebnis. Die Antworten für oder gegen eine zentrale Speicherung wurden in fast gleichem Ausmaß genannt.

In der folgenden Graphik wurden die Antworten in Bezug auf eine zentrale Speicherung der Daten noch einmal weiter aufgeschlüsselt.



**Graphik 19: Wird eine zentrale Speicherung der Daten gewünscht? Die Berufsgruppen getrennt betrachtet**

In der Berufsgruppe der Oberärzte und Assistenzärzte zeigt sich hier eine recht deutliche Zustimmung in Bezug auf eine zentrale Speicherung der Daten. Unter den Assistenzärzten wurde sogar keine einzige Antwort gegen eine Speicherung abgegeben. Im Gegensatz dazu sprachen sich die Gruppen „Chef“, „Physiker“ und „MTA“ gegen eine zentrale Speicherung aus. Was sich hinter diesen Unterschieden verbirgt, kann nun weiter diskutiert werden, da es sich in diesem Fall jedoch auch um eine sehr kleine Stichprobe handelte, ist die Basis vorerst hoch spekulativ.

Eine komplette Zusammenfassung der in dieser Arbeit erhobenen soziodemographischen Daten wurde bereits als Profil bei der Darstellung der Ergebnisse erarbeitet. Die restlichen, noch nicht im Ergebnis teil dargestellten Daten des Hauptteils des Fragebogens, lassen sich

wie folgt zusammenfassen: Abgefragt wurde in dieser Erhebung, ob es in der Abteilung Standards zur Patientensicherheit gab. Mit einer deutlichen Mehrheit von 91,5 % der Nennungen wurde diese Frage bejaht. Daran angeschlossen wurde eine Frage nach der Durchführung von Sicherheitseinweisungen. Auch diese Frage wurde mit einer deutlichen Mehrheit bejaht. (83%). 27 der insgesamt befragten Personen gaben an, dass jährlich Sicherheitseinweisungen stattfinden würden. Außerdem bestand ein Notfallplan in 66 der befragten 71 Kliniken und Institutionen. (Siehe hierzu auch die restlichen Abbildungen im Anhang)

## 4. Diskussion

### 4.1 Zusammenfassung der Ergebnisse anhand der Literatur

Zeitgleich mit der breiten Nutzung von MRT Geräten, kam auch die Frage nach einer Qualitätssicherung und nach einheitlichen Standards auf. In den 80er Jahren entstanden die ersten Studien, welche sich mit einer Vereinheitlichung und Realisierbarkeit der einzelnen Ideen, welche im Sinne einer Qualitätssicherung aufkamen, beschäftigten. Schon sehr früh wurden Phantome gebaut, welche als einfachste Modelle, Messungen erlaubten, die man beliebig oft wiederholen konnte und so untereinander vergleichbar waren und zumindest eine interne Qualitätssicherung ermöglichten. Anhand von wassergefüllten Behältern, welche in regelmäßigen Abständen in die täglichen Messungen einbezogen wurden, entstanden so die ersten Ideen der Qualitätssicherung.

- *Goodenough, D. J. and K. E. Weaver (1988).*

"Phantoms for specifications and quality assurance of MR imaging scanners."

In der Studie von Goodenough wurden erste Erfahrungen mit verschiedenen, schon bestehenden Phantomen dargestellt und deren Möglichkeiten zum Einsatz in der Qualitätssicherung herausgearbeitet. Weiter geht das Paper jedoch darauf ein, in welchen

Punkten die bestehenden Phantome an ihre Grenzen kommen. Es werden durch die Autoren Vorschläge gemacht, wie man die Designs der Phantome anpassen könnte, um so die menschlichen Formen und Hohlräume realistischer nachzubauen.

In den darauffolgenden Jahren wurden halbautomatische und dann voll automatische Programme entwickelt, welche es ermöglichen sollten, dass qualitätssichernde Testmessungen zur Routine werden könnten und so wenig wie möglich zusätzlichen Aufwand kosten würden.

- ▶ *Hyde, R. J., J. H. Ellis, et al. (1994).*

"MRI scanner variability studies using a semi-automated analysis system. "

Von dieser Forschungsgruppe wurde ein Programm zur Qualitätssicherung entwickelt, welches im Zuge der aufgeführten Studie, auf seine Durchführbarkeit und Genauigkeit geprüft wurde. Weiter herausgearbeitet wurde die Notwendigkeit einer Qualitätssicherung und, wie auch in zahlreichen anderen Studien, wurde insbesondere der Parameter Signal-Rausch-Verhältnis (SNR) als ein für die Qualitätssicherung sehr wichtiger Parameter angesehen.

Spezielle Programme, welche 1994 noch halb automatisch abliefen, wurden über die Jahre weiter entwickelt, sodass eine voll automatische Qualitätssicherung ablaufen konnte. Hierzu wurde im klinischen Umfeld, ein zu diesem Zeitpunkt neuartiges Verfahren der automatischen, komplett computergestützten Qualitätssicherung getestet und mit visuellen und manuellen Verfahren verglichen. In dieser Studie schnitt das automatische Programm, in Bezug auf die Empfindlichkeit und Spezifität, am besten ab.

- ▶ *Gedamu, E. L., D. L. Collins, et al. (2008).*

"Automated quality control of brain MR images." J Magn Reson Imaging **28(2): 308-19.**

Ein anderes, ebenfalls vollautomatisches Qualitätssicherungsprogramm wurde von der unten genannten Arbeitsgruppe entwickelt und in über 700 Messungen an verschiedenen Geräten getestet. Als Anlass für die Konzeption eines solchen Programmes, wurden der hohe Stellenwert und die diagnostische Wichtigkeit der MRT Untersuchungen genannt. Insbesondere sollten Wiederholungsmessungen, auf Grund von Artefakten und Qualitätsmängel in der klinischen Arbeit minimiert werden.

(Ob eine Qualitätssicherung automatisch oder manuell durchgeführt wurde, war auch Teil dieser Arbeit und wurde in der Graphik 29 im Anhang graphisch aufgearbeitet.)

- ▶ *Mortamet, B., M. A. Bernstein, et al. (2009).*

"Automatic quality assessment in structural brain magnetic resonance imaging." Magn Reson Med **62(2): 365-72.**

2012 erschien ein Paper von Schneider et al., in welchem eine Longitudinalstudie über 8 Jahre präsentiert wurde, welche ein Programm zur Qualitätssicherung während klinischen Untersuchungen bei Knorpelerkrankungen beschrieb. An verschiedenen MRT Geräten wurde mit einem täglich, wöchentlich, monatlich und jährlich genau festgelegtem Programm, sowie mit zwei verschiedenen Phantomen (Phantome des ACR; American College of Radiology) Qualitätssicherung durchgeführt und die so entdeckten Abweichungen, über diesen Zeitraum, dargestellt.

- ▶ *Schneider E., NessAiver (2012)*

„The Osteoarthritis Initiative magnetic resonance imaging quality assurance update.“

Wie auch diese aufgeführte Studie von Schneider et al., entstanden immer mehr und umfangreichere Studien zur Qualitätssicherung im Verlauf der letzten 20 Jahre.

(Bourel, Gibon et al. 1999; Firbank, Harrison et al. 2000; Chen, Wan et al. 2004; Colombo, Baldassarri et al. 2004; Delakis, Moore et al. 2004; Di Nallo, Ortenzia et al. 2006)



Aktuell sind wir an einem Punkt angekommen, an dem es Leitlinien und Protokolle zu Genüge und sehr detailreich gibt. Es besteht jedoch kein einheitlicher Konsens, in welchen Abständen und wie genau solche Qualitätssicherungen durchgeführt werden sollten. Mit diesem Problem befasste sich die Arbeit von Koller et al. aus dem Jahr 2006.

► Koller, C. J., J. P. Eatough, et al. (2006).

"A survey of MRI quality assurance programmes."

In dieser Studie wurden zufällig ausgewählte Kliniken in England mit einem Fragebogen über den Umfang und die Häufigkeit der durchgeführten Qualitätssicherung befragt. 79% der Befragten führten eine Qualitätssicherung in irgendeiner Form durch. Hauptsächlich war hierfür das radiologische Personal zuständig. Am häufigsten wurden Tests zur Qualitätssicherung mit der Kopfspule durchgeführt. Insgesamt zeigte sich eine beträchtliche Variation in der Häufigkeit und dem Umfang der Qualitätssicherung in den verschiedenen Kliniken.

Als Beispiel wurde aufgeführt, dass genau die Hälfte der Befragten „Signal-Rausch-Verhältnis (SNR) Tests“ sowohl auf der Kopf- als auch der Körperspule anwandten, aber nur 13% erweiterten diesen Test auf andere Spulen. 21 Prozent der dort befragten Kliniken gaben an, dass sie keine Form von Qualitätssicherung betrieben. Der Zeitpunkt der Erhebung war das Jahr 2005.

Im Gegensatz zu dieser Zahl aus der Arbeit von Koller, betrug in der hier dargestellten, 2010 durchgeführten Erhebung, die Zahl der befragten Kliniken, welche angaben, keine Qualitätssicherung zu machen, nur noch 2,8 Prozent. Innerhalb der 5 Jahre welche zwischen diesen beiden Studien liegen, kann somit diskutiert werden, ob sich in Bezug auf die Durchführung einer Qualitätssicherung eine Verbesserung ergab. Alleine bezogen auf diese beiden Studien, können hier aktuell jedoch nur Vermutungen angestellt werden. Unter anderem auf Grund der regionalen Unterschiede und mehreren Abweichungen im Aufbau und Protokoll der beiden Studien, ist eine konkrete Schlussfolgerung nicht möglich.

Insgesamt kann anhand der erhobenen Daten diskutiert werden, dass Qualitätssicherung an sich akzeptiert war, als wichtig erachtet wurde und auch im klinischen Alltag als durchführbar angesehen wurde.

Diese Diskussion kann auch mit den Ergebnissen der gestellten Frage zur Bezahlbarkeit und Durchführbarkeit der Qualitätssicherung, welche 73.2 % der Befragten mit „ja“ beantworteten, weiter untermauert werden. (siehe hierzu Abbildungen im Anhang) Da mehrheitlich die Durchführbarkeit und Bezahlbarkeit bejaht wurde, kann man davon ausgehen, dass Qualitätssicherung größtenteils fest etabliert ist und wenig Vorbehalte bestehen. Auf Grund dieses Ergebnisses, konnte man auch vermuten, dass Qualitätssicherung schon über einen längeren Zeitraum erfolgreich durchgeführt wurde, da nur so positive – oder auch negative – Angaben zur Durchführbarkeit und Finanzierung gemacht werden können.

Ein weiterer Punkt, welcher schon kurz aufgegriffen worden war, stellte die Einschätzung der Qualität der eigenen Daten dar. Eine hohe Akzeptanz für Qualitätssicherung korrelierte positiv mit einer hohen Meinung in Bezug auf die Qualität der eigenen Daten. Man könnte also davon ausgehen, dass durch eine regelmäßige und gute Qualitätssicherung, eine ständige Kontrolle und Rückmeldung in Bezug auf die eigenen Daten vorhanden war, so dass die in diesem Fragebogen hierzu gestellten Fragen dementsprechend beantwortet werden konnten. Auf der anderen Seite könnte man also vermuten, dass die Qualität der eigenen Daten eher schlechter eingeschätzt wurde, wenn keine regelmäßige Qualitätssicherung – und somit überhaupt eine positive oder negative Rückmeldung gegeben war- stattfand. Durch eine regelmäßige Qualitätssicherung bestand die Möglichkeit, Verbesserungen vorzunehmen und somit aktiv daran zu arbeiten, die Qualität der eigenen Daten anzuheben. Dies ist eventuell auch ein Grund für die Verteilung und Zusammenhänge der gegebenen Antworten.

Als ein Zeichen dafür, dass im Großen und Ganzen zwar jeder eine Qualitätssicherung vornahm, diese aber in jedem Haus mit individuellen Abweichungen geschah, konnte die große Vielfalt an Antworten, welche auf viele Fragen dieses Fragebogens eingegangen sind, gewertet werden.

Gerade auch in den Fragen nach der „die Qualitätssicherung durchführenden Personengruppe“ und nach der Verantwortung für diese Durchführung zeigte sich eine recht hohe Variation. Die meisten Antworten (48) entfielen bei der Frage nach der durchführenden Person auf die Antwort „Servicetechniker“, gefolgt von 26 Nennungen für

die Antwort „MTA“. Des Weiteren wurden aber auch Physiker, Radiologen, EDV-Beauftragte und Programmierer als Antworten gegeben.

In diesem Zusammenhang ist es sicherlich auch notwendig, näher auf die Aufgaben und den Einfluss der Servicetechniker in Bezug auf die Qualitätssicherung einzugehen.

Eine Stellenanzeige für eine ausgeschriebene Beschäftigung als Servicetechniker einer großen MRT-Herstellerfirma besagte: [...], „Reparatur und Wartung, Installation, Montage, Instandsetzung und Instandhaltung von CT- und MRT-Geräten, [...] Konstanzprüfungen und Betriebswartungen (Stellenanzeige aus dem Frühjahr 2013 über [www.stepstone.de](http://www.stepstone.de))

Hierbei konnte man vermuten, dass sich insbesondere hinter den Begriffen Konstanzprüfung und Betriebswartung qualitätssichernde Maßnahmen verstehen. Mit der hier dargestellten Studie konnte gezeigt werden, dass häufig eine Qualitätssicherung alle 3 Monate – und somit entsprechend den Servicevisiten – durchgeführt wurde und dass eine hohe Anzahl an Kliniken und Instituten Qualitätssicherung explizit dem Servicetechniker überließen. Insbesondere, so könnte man vermuten, kleinere Einrichtungen, welche mit weniger Personal ausgestattet waren, nutzen diese Möglichkeiten.

Außerdem war sicherlich auch zu diskutieren, dass Qualitätssicherung einen immer höheren Stellenwert bekommt. Beispielsweise fand man zum Zeitpunkt der Literaturrecherche so gut wie keinen Internetauftritt von Kliniken und Instituten, auf dem nicht die jeweilig vorhandene Qualitätssicherung explizit dargestellt, bzw. verlinkt wurde.

Insgesamt herrschte über die Tatsache, dass eine Qualitätssicherung notwendig ist, so gut wie kein Zweifel mehr. Wie genau, in welchen zeitlichen Abständen und durch wen diese jedoch durchgeführt werden sollte, war zum Zeitpunkt der Befragung noch nicht in allen Einzelheiten einheitlich geklärt.

Der Fragebogen beinhaltete eine Frage, welche die einzelnen Parameter abfragte, die im Zuge der Qualitätssicherung gemessen wurden. Hier bestand die Möglichkeit eine Freitext Antwort abzugeben, was zur Folge hatte, dass ca. 40 verschiedene Parametervariationen erhoben wurden. Zusätzlich zu den häufiger genannten, gängigen Parametern „SNR“, „Ghosting“ und „Image Uniformity“, wurde eine Vielzahl weiterer Parameter genannt.

Als weiterer größerer Punkt sollte nun die Frage nach einer zentralen Speicherung, mit ihren jeweiligen Antworten, erneut aufgegriffen werden. Hier waren es u.a. die Gruppe der „Chefs“, welche eine solche Speicherung ablehnten, im Gegensatz beispielsweise zu der Gruppe der Assistenzärzte, welche sich mit keiner Antwort gegen eine Speicherung aussprachen. Bei der Gruppe der „Chefs“, so könnte man überlegen, lag eine Personengruppe vor, welche auf Grund ihres Alters, nicht mit einer ständigen Nutzung und Vernetzung durch das Internet aufgewachsen war, so dass dies eventuell ein Grund sein könnte, für die Ablehnung einer Speicherung im Internet. Weiter könnte man überlegen, dass Chefs und evtl. die Gruppe der Physiker, welche sich ebenfalls eher gegen eine zentrale Speicherung ausgesprochen hatten, verantwortlich waren für die Klinik oder Institute und wahrscheinlich fast als einzige Personengruppe eine solche Entscheidung überhaupt hätten treffen können. Wenn man davon ausgeht, dass die Gruppe der Assistenzärzte, Oberärzte und MTAs zu einer Entscheidung, wie es diese Frage abgefragt hatte, gar nie befugt gewesen wären, dann könnte man, wenn man gesondert die Antworten der Chefs und Physiker betrachten würde, eher von einer Ablehnung einer zentralen Speicherung ausgehen.

#### 4.2 Diskussion des Parameters Signal-to-Noise Ratio

Warum wurde das Messen des „SNR“ von so vielen Kliniken, wie es sich auch diese Studie gezeigt hat, bevorzugt?

Die Messung des „SNR“ gibt einen guten, relativ kompletten Überblick über die Gesamtperformance der Anlage. „SNR“ als Messwert an sich, wird von vielen verschiedenen Parametern beeinflusst, sollte aber über die Dauer einer Messung konstant bleiben und eignet sich so sehr gut zum Aufspüren eines potentiellen Problems. Insgesamt ist dies also eine Möglichkeit um gut, schnell und einfach eine Rückmeldung über mögliche Qualitätsverluste des MRTs zu erhalten. (Weishaupt Dominik 2009)

Wenn bei einer Kontrollmessung an Hand des Parameters „SNR“ dann Fehler auftreten, können weitere, spezifische Tests gestartet werden, um die genaue Lokalisation des Problems aufzuspüren.

Wichtig zu erwähnen dabei ist jedoch auch, dass ein konstanter Wert für SNR an einer Spule nicht heißt, dass mit jeder weiteren, beliebigen Spule die SNR Werte übernommen werden können und man so von einer ebenfalls fehlerfreien Performance ausgehen kann.

Mit den erhobenen Daten (hierzu weitere Graphiken im Anhang) konnte gezeigt werden, dass die am häufigsten eingesetzte Kopfspule auch am häufigsten, unter Zuhilfenahme des Parameters SNR, getestet wurde und die anderen Spulen eher nachrangig, d.h. sehr oft in zeitlich gesehen, größeren Abständen getestet wurden.

Diskutiert werden kann hier nun, ob die Anzahl der Messungen mit einer Spule in direktem Zusammenhang mit der Häufigkeit ihrer Nutzung gleichzusetzen ist, oder ob hier eventuell im Rahmen von Zeitersparnissen gemessene Werte für andere Spulen übernommen wurden. Da in dieser Arbeit lediglich die zeitlichen Aspekte abgefragt wurden und keine weiteren Fragen in Bezug auf die Ursache der unterschiedlichen zeitlichen Testungen der einzelnen Spulen gestellt wurden, konnte diese Frage aktuell nicht beantwortet werden.

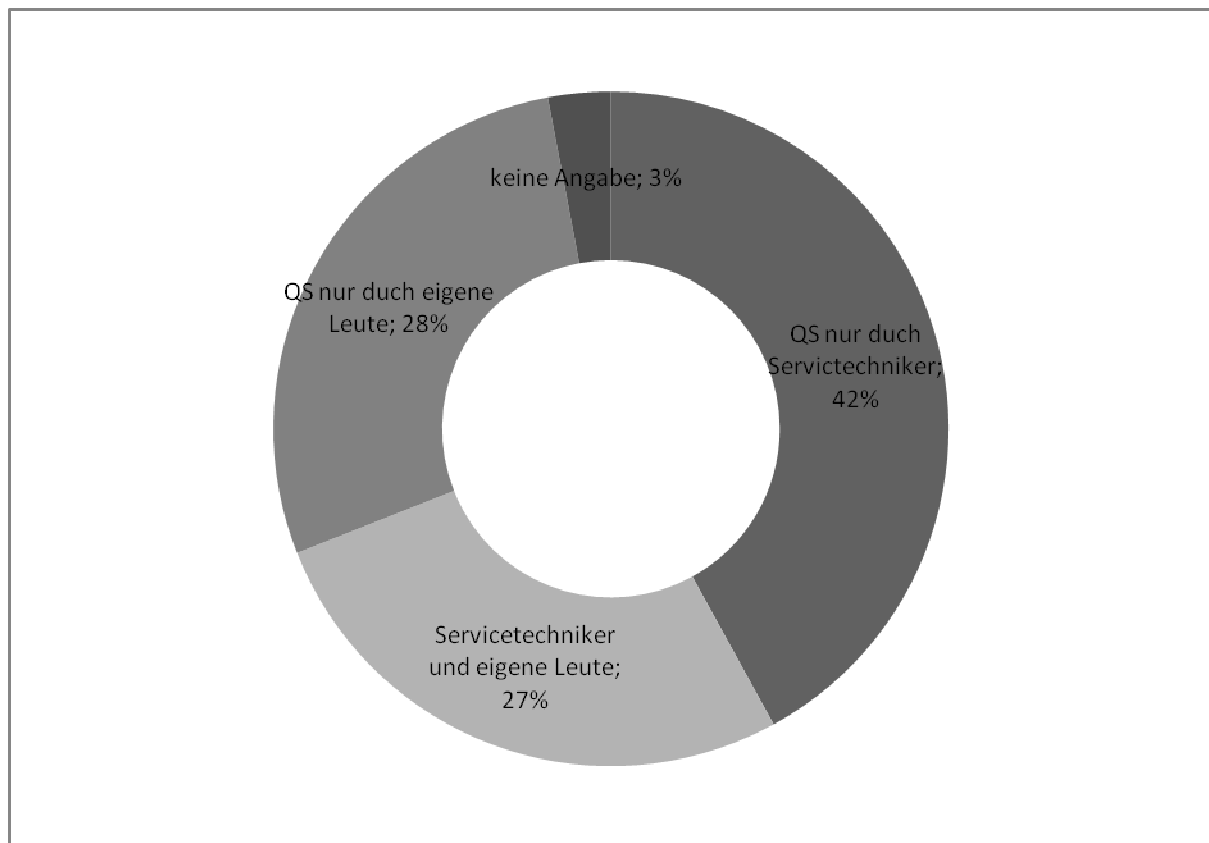
#### 4.3 Diskussion der Qualitätssicherung durch Servicetechniker

Bei der insgesamt sehr komplexen Technik des Magnetresonanztomographen, bietet es sich an, bei der Qualitätssicherung, der Einfachheit halber, auf die Dienstleistung eines Servicetechnikers und Vereinbarung eines Servicevertrages zurückzugreifen.

Sehr vorteilhaft ist es hierbei, direkt mit der Herstellerfirma einen solchen Vertrag abzuschließen da diese über alle Details der MRT-Anlage Kenntnis hat.

Bei der großen Anzahl der Antwortenden (42%), welche dies so praktizierten stellte sich die Frage nach den Vor- und Nachteilen. In der Studie von Koller lag dieser Wert bei 21%. (Koller, Eatough et al. 2006) Das heißt, es zeigte sich in dieser Datenerhebung ein deutlich höherer Wert in Bezug auf die Abgabe der Qualitätssicherung an den Servicetechniker.

Die Studie von Koller wurde in England durchgeführt, die hier vorliegenden Daten waren Daten aus Deutschland, Österreich und der Schweiz, so dass mögliche regionale Unterschiede eine Rolle spielen könnten.



**Graphik 20: Durchführung der Qualitätssicherung - Vergleich Servicetechniker**

Ein Vorteil war sicherlich, dass somit Aufgaben delegiert werden konnten und dies für das fest angestellte, eigene Personal zu einer Arbeits- und Zeiteinsparung führte.

Untersuchungen und Diagnostik sollten so schnell wie möglich und so effektiv wie möglich ablaufen und durch die Abgabe von qualitätssichernden Maßnahmen, kann effektiv Zeit eingespart werden.

Als großer Nachteil ist jedoch zu sehen, dass Servicetechniker ein anderes Ziel bei ihren Visiten verfolgen. Ihr Anliegen ist eine fehlerfreie technische Funktion und ein reibungsloser technischer Ablauf, ungeachtet davon, wie gut die eventuell anderen, nach medizinischen Gesichtspunkten wichtigen Parameter, eingestellt sein sollten. Qualitätssicherung über eine regelmäßige Servicevisite hinaus, sollte nicht vernachlässigt werden.

## 5. Diskussion des Erhebungsinstrumentes und Studiendesigns

Weshalb wurde in dieser Studie ein Fragebogen eingesetzt und kein persönliches oder Telefon-Interview durchgeführt?:

Unter Berücksichtigung der Vor wurde die Methode der Datenerhebung durch einen Fragebogen gewählt.

Im Folgenden wurden die Vor- und Nachteile eines Fragebogens aufgelistet:

Vorteile:

- Geringe Kosten
- Geringer Zeitaufwand
- Die Befragung geographisch verstreuter Personen wurde innerhalb kürzester Zeit möglich
- Es bestand während der Befragung keine Beeinflussung des Befragten durch einen Interviewer
- Die schriftliche Form ermöglichte ein stärkeres Durchdenken der Fragen, da anders als im Interview mehr Zeit gegeben war.

Nachteile:

- Eine geringere Rücklaufquote
- Die Erhebungssituation war nicht direkt kontrollierbar
- Es lag keine Kenntnis über die Art und Ursache der nicht ausgefüllten, oder nicht zurückgeschickten Fragebögen vor.
- Die Möglichkeit einer zusätzlichen Erläuterung der Fragen bei Unklarheiten war nicht gegeben (Friedrichs 1990)

Die Hauptgütekriterien einer Befragung, wie in diesem Fall mittels Fragebogen durchgeführt, sind nach Lienert Objektivität, Reliabilität (Zuverlässigkeit) und Validität (Gültigkeit). (Gustav A. Lienert 1998)

Ein Messinstrument ist umso reliabler, je weniger zufällige Fehler auftreten und umso valider, je weniger systematische Fehler auftreten. Die Voraussetzung für eine hohe Validität

ist eine hohe Reliabilität. (Bortz 1999) Diese Kriterien nach Lienert und Bortz sollten nun anhand des eingesetzten Erhebungsinstrumentes überprüft werden.

### 5.1 Diskussion der Objektivität des Fragebogens

Die Ergebnisse sollten hinsichtlich der Durchführungsobjektivität unabhängig vom Verhalten des Untersuchenden sein.

Unter Objektivität wird das Ausmaß verstanden, in dem ein Testergebnis in Durchführung, Auswertung und Interpretation vom Testleiter unbeeinflussbar ist. Im vorliegenden Fall wurde von einer Objektivität des Fragebogens ausgegangen.

In der vorliegenden Studie erhielten alle Teilnehmer der Studie ein standardisiertes, schriftliches Anschreiben per Post, welches die genauen Instruktionen zur Beantwortung des Fragebogens enthielt.

Ein persönlicher Kontakt bestand nicht, da die befragten Teilnehmer ihren Fragebogen per Post zugeschickt bekamen. Die Vorgabe Lienerts, die Interaktionen zwischen dem Untersuchenden und den Teilnehmern möglichst zu minimieren, war somit erfüllt.

Im Nachhinein betrachtet, hätten ein persönlicher Kontakt und eine persönlichere Informationsübermittlung die Motivation zur Teilnahme an der Studie eventuell verbessert und auch die Rücklaufquote somit zum Positiven beeinflusst.

Genau dieses Vorgehen war allerdings bei der vorliegenden Projektkonstellation ausgeschlossen, da die Befragung zahlreicher, geographisch sehr verstreuter Personen geplant war.

Aufgrund der räumlichen Verteilung, der zu berücksichtigenden Kliniken und Institute wäre eine persönliche Kontaktaufnahme und Information jedoch sehr aufwendig gewesen. Aus Gründen der Vergleichbarkeit wurde schließlich auch bei den Kliniken der Umgebung auf eine persönliche Befragung verzichtet.



Lienert (1989) differenzierte unter anderem die Objektivität noch genauer in verschiedene Arten. Beispielsweise geht er von einer Interpretationsobjektivität aus, wenn es sich bei einem Test um ein vollständig standardisiertes Verfahren handelt.

Dies wurde in der vorliegenden Studie, da keine bereits standardisierten oder erprobten Items und Skalen verwendet wurden, nicht komplett eingehalten. Für neu konstruierte Items kann zum Zeitpunkt der ersten Erprobung keine vollständige Interpretationsobjektivität gewährleistet werden. In späteren Befragungen könnte nachgewiesen werden, inwieweit dieses Kriterium als erfüllt angesehen werden könnte.

## **5.2 Diskussion der Reliabilität des Fragebogens**

Die Reliabilität gibt die Zuverlässigkeit der Messmethode an. Als reliabel wird ein Fragebogen bezeichnet, wenn bei einer Wiederholung der Messung, unter denselben Bedingungen, wieder dasselbe Ergebnis erzielt werden kann.

Diese Reliabilität würde sich durch eine Testwiederholung (Retest-Methode) ermitteln lassen. (Bortz 1999)

Das Instrument „Retest-Reliabilität“ wurde aufgrund der Projektkonstellation nicht eingesetzt und auch auf eine Konsistenzanalyse nach Cronbach, wurde in dieser Arbeit verzichtet, da dies die vorher definierten Ziele und Grenzen der Arbeit überschritten hätte.

Abgesehen davon handelte es sich, bei dem in dieser Arbeit genutzten Fragebogen, um ein Erhebungsinstrument, welches spezifisch für diese Fragestellung angefertigt wurde, ohne den Anspruch zu haben, unzählige weitere Male eingesetzt zu werden.

Die Konsistenz der einzelnen Fragen konnte in einem stichprobenartig durchgeführten Vorlauf, innerhalb der Arbeitsgruppe, weitgehend bestätigt werden.

## **5.3 Diskussion der Validität des Fragebogens**

Die Validität gibt den Grad der Genauigkeit an, mit dem ein Test das misst, was er messen soll.

Für die neu konstruierten Fragen dieser Studie lagen keine entsprechenden Vergleichsinstrumente vor, um eine Analyse der Validität des Fragebogens durchzuführen.

Unter den oben genannten Kriterien, wurden die Inhalte des Fragebogens, von unabhängigen Beurteilern verglichen.

Hierbei kam man zu der Auffassung, dass die Inhalte des Fragebogens angemessen seien.

Eine Untersuchung ist nach Bortz (1993, S. 9) dann valide, wenn ihr Ergebnis eindeutig interpretierbar ist. Mit einer zunehmenden Anzahl sinnvoller und möglicher Alternativerklärungen für das Ergebnis, bedingt durch Störvariablen, sinkt die interne Validität. Eine experimentelle Störvariablenkontrolle war im Rahmen der durchgeführten Befragung nicht realisierbar.

#### 5.4 Diskussion der Stichprobenzusammensetzung

Aufgrund der Art der Verteilung und der Auswahl der Empfänger der Fragebögen konnte das Kriterium der zufälligen Zuordnung nicht ganz erfüllt werden.

Auf einer so breit wie möglich angelegten Basis wurden, wie oben genannt, so viele potentielle Empfänger des Fragebogens wie möglich, ausgewählt. Auf Grund dessen, dass nur eine Teilmenge dieser ersten Auswahl den Fragebogen auch wirklich beantwortet und zurückgeschickt hatte, und diese Auswahl nicht durch die Studienleitung beeinflussbar war, konnte man von einer nach Bortz „ordentlichen“ Stichprobe ausgehen. (Bortz 1999)

Systematische Selektionseffekte können bei einer durchschnittlichen Beteiligung von 27 % nicht ganz ausgeschlossen werden.

## 6. Ausblick

Als Ausblick wäre es sicherlich wünschenswert, dass weitere Studien zur Qualitätssicherung am MRT durchgeführt werden würden. Anhand einer erneuten Datenerhebung mit dem gleichen Fragebogen könnte ein Verlauf dargestellt werden. Insbesondere, da sich die MR-Technik und ihr Einsatz immer weiter entwickeln und zum Zeitpunkt der Befragung sicher noch nicht an einem Punkt war, an dem alle Möglichkeiten ausgeschöpft waren, wäre eine Erhebung in Bezug auf die durchgeführte Qualitätssicherung im Verlauf interessant. Genauso wie die MR-Technik regelmäßig Änderungen und Weiterentwicklungen durchläuft, sollte im besten Fall die Qualitätssicherung parallel optimiert und an die neuen Anforderungen angepasst werden.

Verschiedene Aspekte, u.a. auch die Frage nach der Durchführung der Qualitätssicherung der einzelnen Spulen wurden in dieser Arbeit aufgegriffen, ließen jedoch viel Platz für Spekulationen, bzw. weitere Befragungen. Ziel der Arbeit war es in verschiedenen Punkten eine Übersicht darzustellen. Weitere, detaillierte Studien mit anderen Schwerpunkten könnten daran angeschlossen werden.

## 7. Zusammenfassung

### Hintergrund und Fragestellung:

Ziel dieser Arbeit sollte es sein - nach dem Vorbild von (Koller, Eatough et al. 2006) einen Überblick über die MRT-Geräte im deutschsprachigen Raum zu geben und darzustellen, in welchem Ausmaß eine Qualitätssicherung durchgeführt wird. Hierbei sollte insbesondere ein Schwerpunkt auf der genauen Durchführung der Qualitätssicherung, die Akzeptanz der Qualitätssicherung und die Selbsteinschätzung der Qualität der eigenen Daten gesetzt werden.

### Methodik:

Die Studie bestand aus einer Querschnittsbefragung. 192 Fragebögen wurden an Kliniken und Institute versandt. Die Anzahl der an der Befragung teilnehmenden Kliniken und Institute lag bei  $n=71$ .

### Ergebnisse

Über die Tatsache, dass eine Qualitätssicherung notwendig ist, herrschte so gut wie kein Zweifel mehr. Wie genau dies jedoch von Statten gehen sollte, war zum Zeitpunkt der Befragung nicht einheitlich geklärt.

Je nach zu messender Spule wurde ein anderes zeitliches Vorgehen bei der Durchführung der Qualitätssicherung gewählt. Qualitätssicherung wurde zu einem hohen Prozentsatz an den Servicetechniker abgegeben, welcher routinemäßig in bestimmten zeitlichen Abständen zur technischen Wartung die Klinik oder das Institut aufsuchte.

Das Signal-Rausch Verhältnis war der am meisten genutzte Parameter um einen schnellen Überblick über die Qualität der Messdaten zu erlangen. Verschieden weitere Parameter wurden zusätzlich mit einbezogen, abhängig von den jeweiligen Kliniken oder Instituten. Hier zeigte sich u.a. eine große Variationsbreite. Die Einschätzung der Qualität der eigenen Daten war akzeptabel, wurde jedoch besser eingeschätzt, wenn eine Qualitätssicherung in recht häufigen zeitlichen Abständen erfolgte.

## Background:

The aim of this work should be - on the model of ( Koller, Eatough et al 2006.) to give an overview of the MRI machines and to present the extent to which quality assurance is carried out. Here, a focus was set on the exact implementation of quality assurance, the acceptance of quality assurance and self-assessment of the quality of the own data.

## Methodology:

The study consisted of a cross-sectional survey. 192 questionnaires have been sent to clinics and institutes. The number of clinics participants in the survey and institutes amounted to  $n = 71$ .

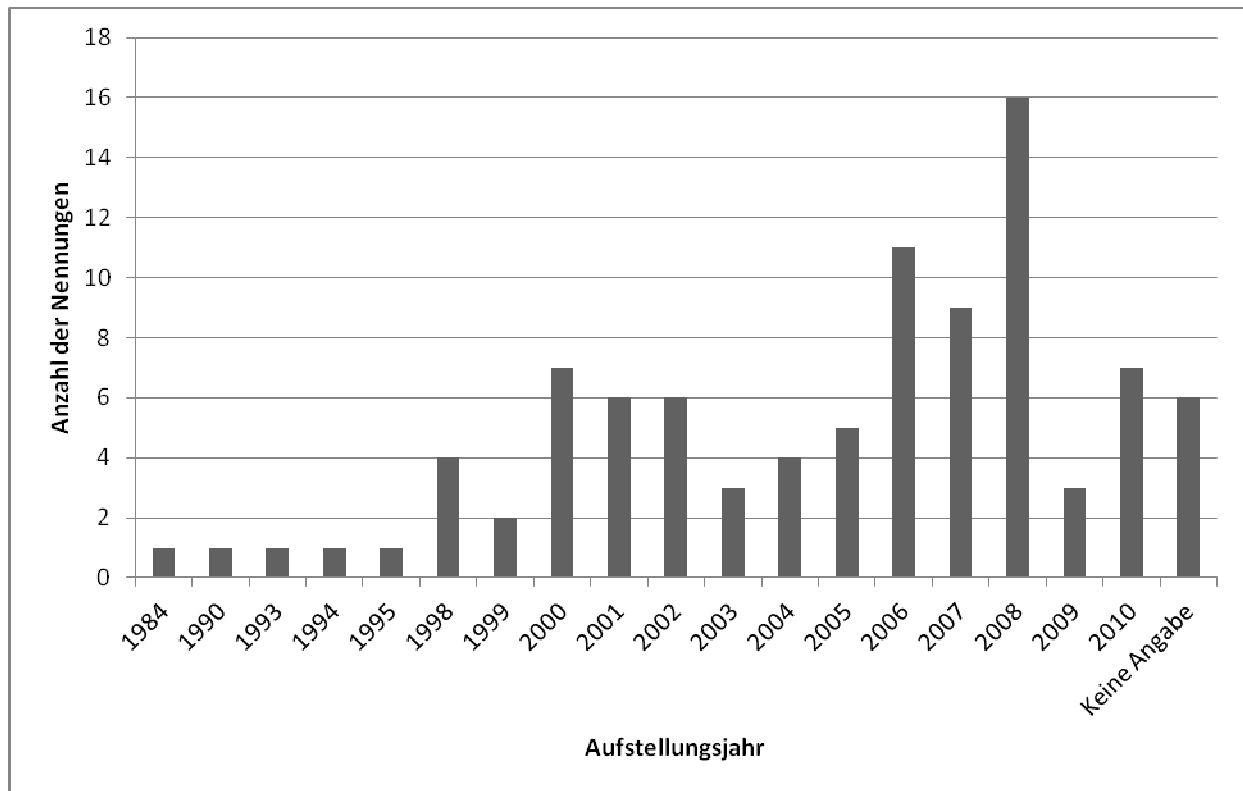
## Results

There is no doubt about the fact that quality assurance is necessary. How exactly quality assurance should go, was not uniformly understood at the time of the survey. Depending on the coil for measuring, a different temporal approach in the implementation of quality assurance was elected. Quality assurance was traded to a high percentage of the service technician, who routinely visited the clinic or institution in certain time intervals.

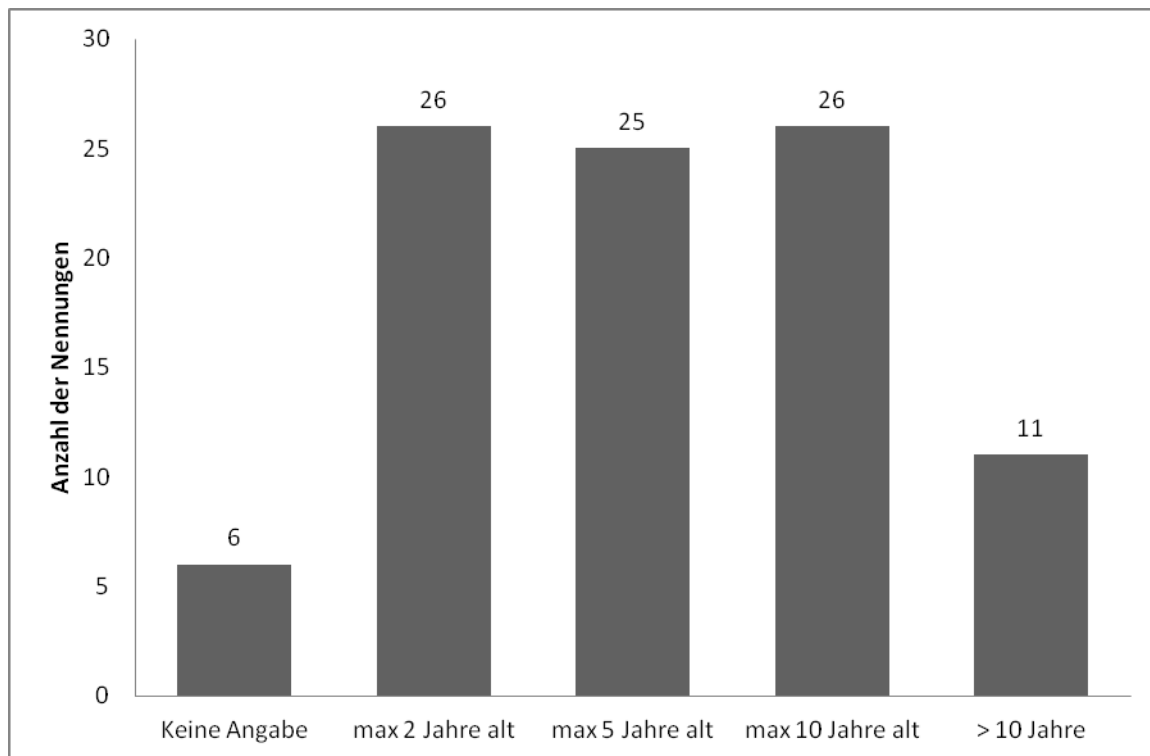
The signal-to-noise ratio could obtain as the most utilized parameter for a quick overview of the quality of the measurement data. Various other parameters were also included, depending on the clinics or institutions. The assessment of the quality of the own data was acceptable, but was better assessed when a quality assurance was carried out.

## 8. Anhang

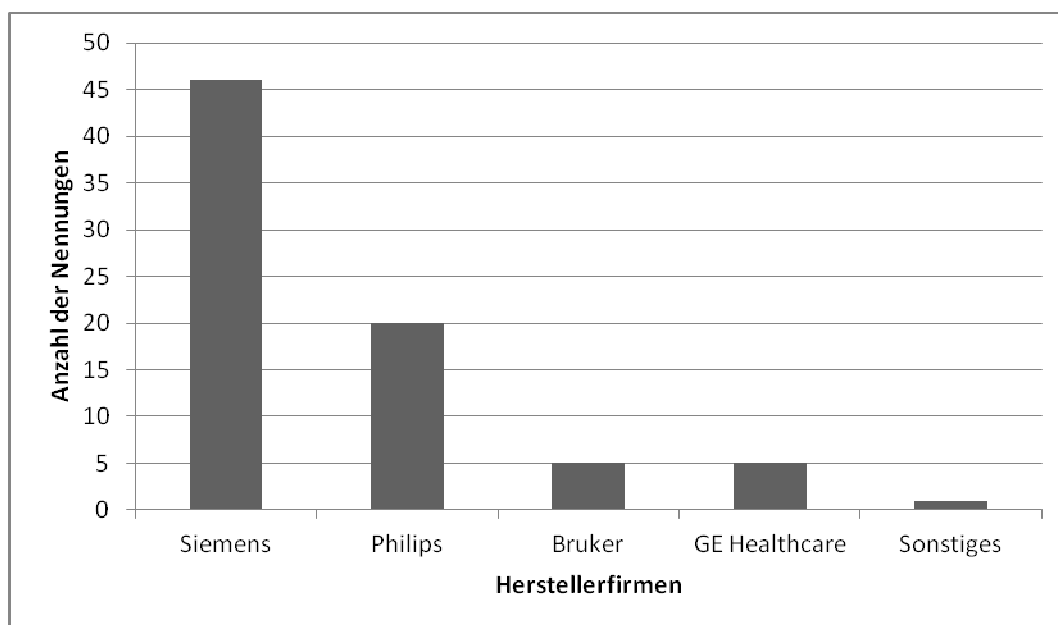
### 8.1 Weitere Graphiken und Tabellen



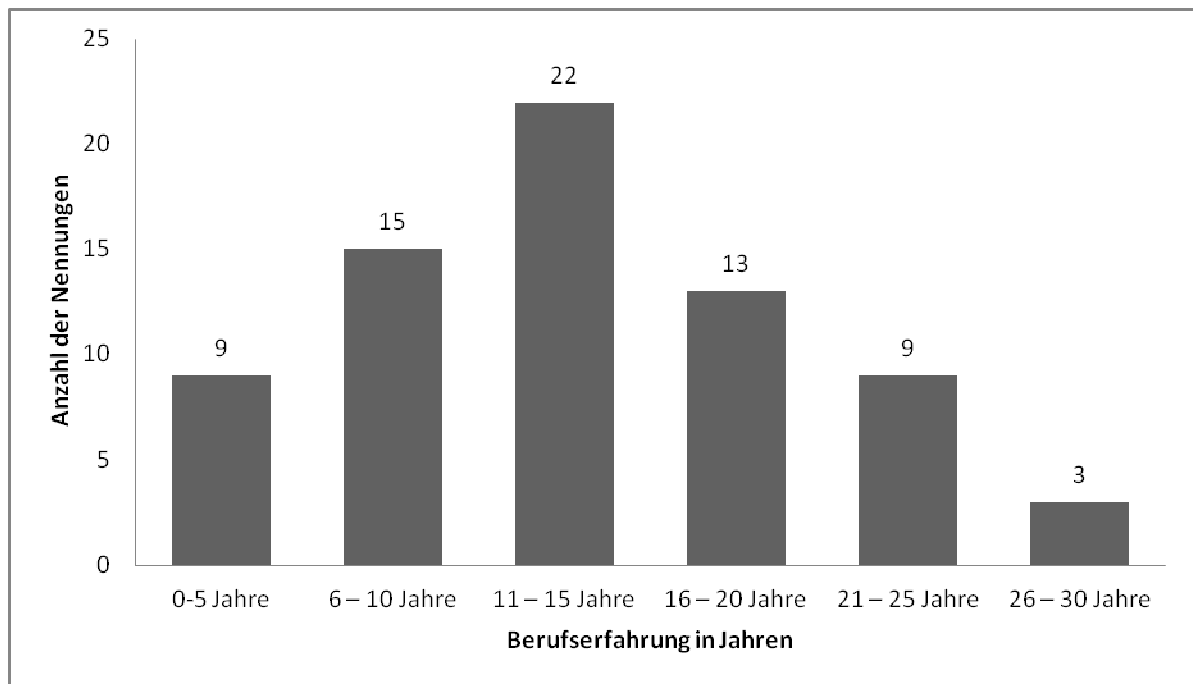
Graphik 21: Aufstellungsjahre der MRT-Geräte



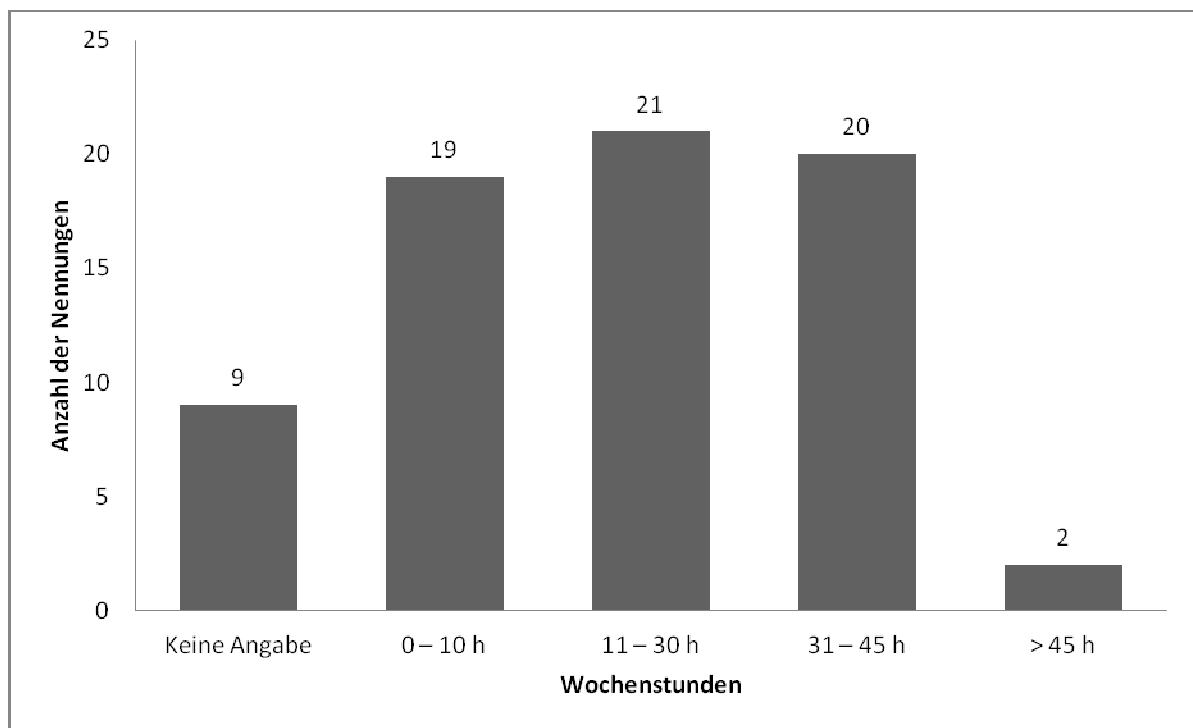
**Graphik 22: Alter der MRT-Gräte**



**Graphik 23: Herstellerfirmen**

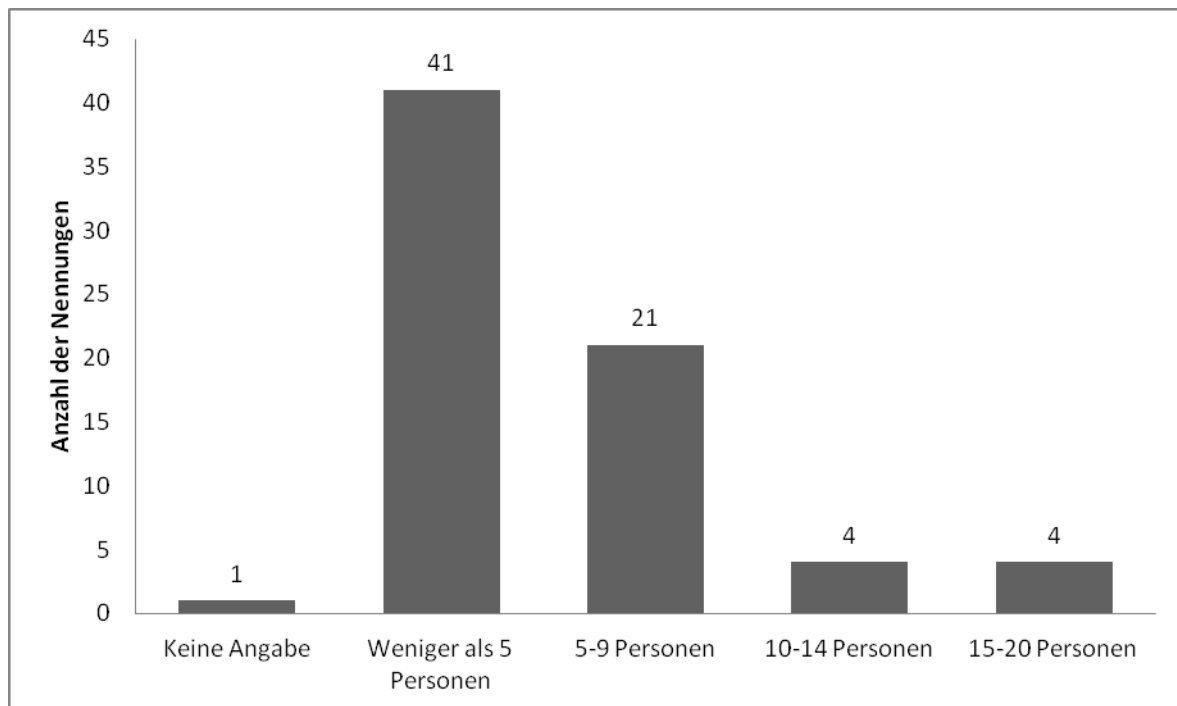


**Graphik 24: Berufserfahrung mit dem MRT der befragten Personen**

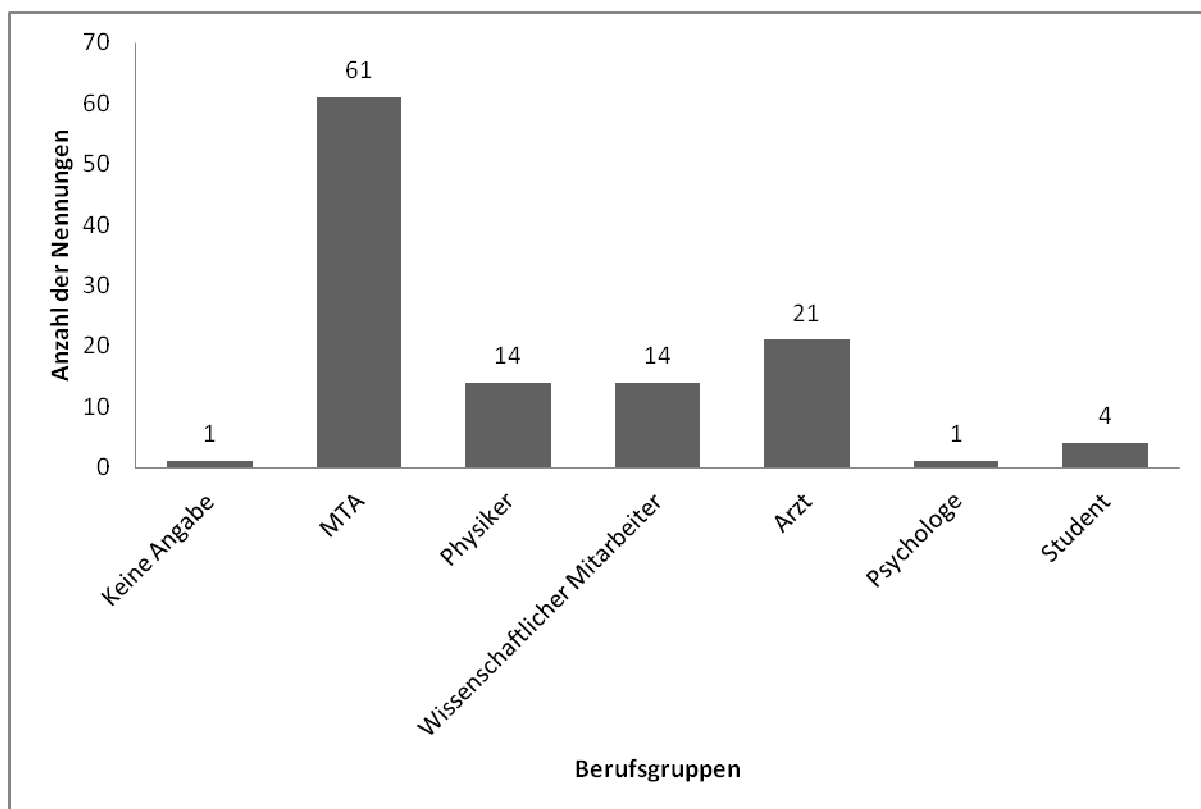


**Graphik 25: Wochenstunden am MRT der befragten Person**

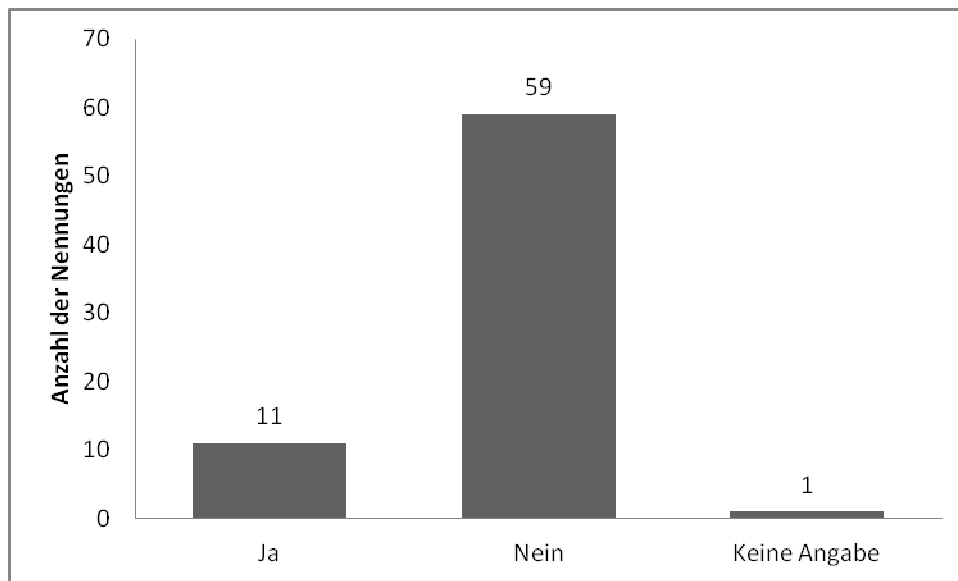




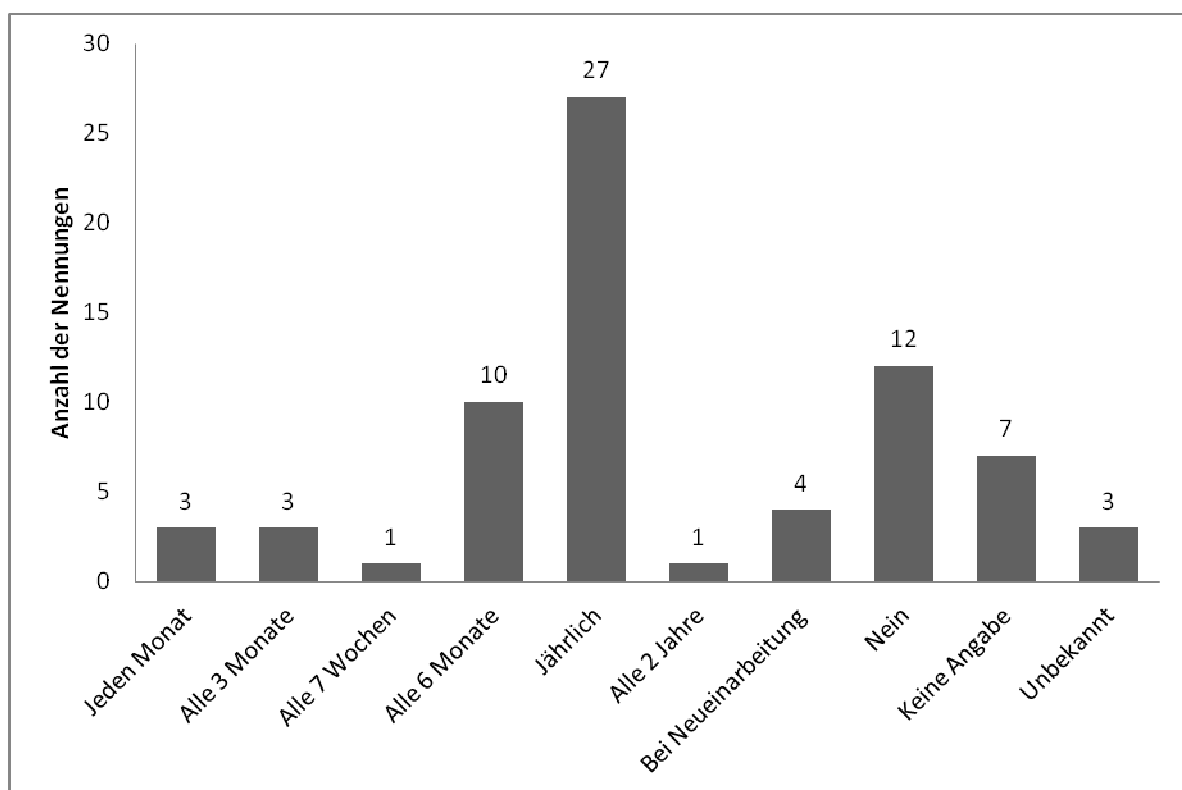
**Graphik 26: Wie viele Personen arbeiten durchschnittlich am MRT?**



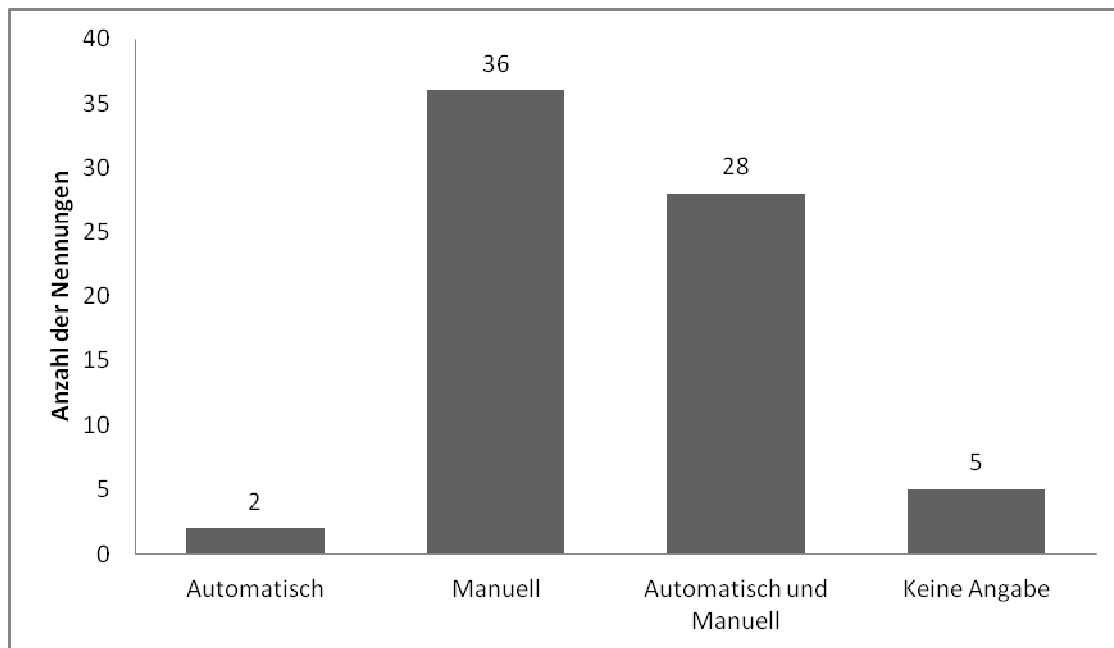
**Graphik 27: Welche Berufsgruppen arbeiten am MRT - Mehrfachantworten möglich**



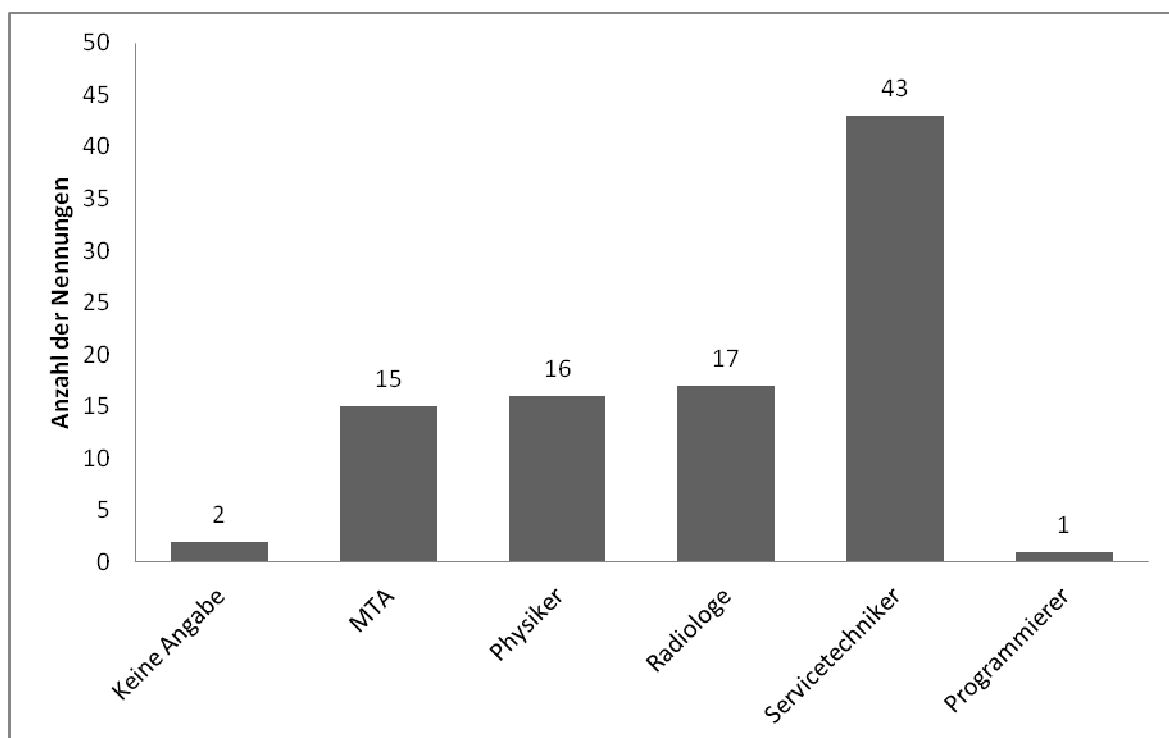
**Graphik 28: Ist das MRT-Gerät 24 Stunden besetzt?**



**Graphik 29: In welchen zeitlichen Abständen finden Sicherheitseinweisungen statt?**



**Graphik 30: Wie wird die Qualitätssicherung durchgeführt?**



**Graphik 31: Wer ist verantwortlich für die Durchführung der Qualitätssicherung?**

	Signal-Rausch Verhältnis	Image Uniformity	Ghosting
Täglich	8	7	7
Wöchentlich	10	8	7
2mal / Woche	1	0	0
Monatlich	18	16	14
2 mal / Monat	0	1	1
4 mal / Jahr	12	11	10
6 mal / Jahr	1	1	1
Halbjährig	1	1	1
Bei Bedarf	1	1	2

**Tabelle 4: Zeitlicher Überblick über die Durchführung von Qualitätssicherung getrennt nach den einzelnen Parametern**

## 8.2 Fragebogen und Anschreiben

### Fragebogen: Qualitätssicherung am MRT

#### Teil 1 – Angaben zur ausfüllenden Person

Ich bin:

- ☐ Assistenzarzt      ☐ Oberarzt      ☐ Physiker      ☐ MTA/MTRA  
☐ Ingenieur/Techniker      ☐ Doktorand/Student

☐ Sonstiges: \_\_\_\_\_

Ich arbeite seit \_\_\_\_\_ Jahren mit einem MR-Gerät

Ich bin \_\_\_\_\_ Stunden pro Woche am MRT beschäftigt.

Ich arbeite zu folgenden Zwecken mit dem MRT:

- ☐ ausschließlich zu Forschungszwecken  
☐ überwiegend zu Forschungszwecken  
☐ Forschung / klinische Versorgung zu gleichen Teilen  
☐ überwiegend klinische Versorgung  
☐ ausschließlich klinische Versorgung

Ich arbeite an einem Haus mit ca. \_\_\_\_\_ Betten.

#### Teil 2 – Fragen zur Qualitätssicherung am MRT.

Bei mehreren Geräten bitte das hauptsächlich genutzte Gerät betrachten.

**1. Von welchem Hersteller ist das MRT-Gerät?**

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Bruker                           | <input type="checkbox"/> Philips Medizin Systeme   |
| <input type="checkbox"/> Esoate                           | <input type="checkbox"/> Siemens Sector Healthcare |
| <input type="checkbox"/> Fonar, Corp., Melville           | <input type="checkbox"/> Toshiba                   |
| <input type="checkbox"/> GE Healthcare                    | <input type="checkbox"/> Varian                    |
| <input type="checkbox"/> Hitachi Medical Systems          |  |
| <input type="checkbox"/> Sonstiger (bitte angeben): _____ |  |

**2. Welche Feldstärke hat das MRT?**

- ☐ <1,5 Tesla
- ☐ 1,5 Tesla
- ☐ 1,6 – 3,0 Tesla
- ☐ >3,0 Tesla

**3. In welchem Jahr wurde das MRT aufgestellt?**

\_\_\_\_\_

**4. Wie wird das MRT eingesetzt?**

- ☐ Nur in der Patientenversorgung
- ☐ Nur zu Forschungszwecken
- ☐ Zur Forschung und Patientenversorgung

**5. Wie viele Personen arbeiten täglich am MRT?**

- ☐ weniger als 5
- ☐ 15-20

☐ 5-9

☐ >20

☐ 10-14

**6. Wer arbeitet hauptsächlich und regelmäßig die meiste Zeit am MRT?**

☐ MTAs / MTRAs

☐ wissenschaftliche Mitarbeiter

☐ Ärzte

☐ Studenten

☐ Physiker

☐ Sonstige: \_\_\_\_\_

**7. Ist das MRT durchgehend 24h besetzt?**

☐ Ja

☐ Nein

**8. Haben für die am MRT arbeitenden Personen Sicherheitseinweisungen stattgefunden?**

☐ Ja

☐ Nein

☐ Unbekannt

**9. Finden in regelmäßigen Abständen Sicherheitseinweisungen statt?**

☐ Ja in \_\_\_\_\_ Abständen

☐ Nein

☐ Unbekannt

**10. Besteht eine Qualitätskontrolle in irgendeiner Form?**

☐ Ja

☐ Nein

(Bei „Nein“ ist Befragung hier beendet)

**11. Wie wird die Qualitätskontrolle durchgeführt?**

☐ Automatisch

☐ Automatisch und Manuell

☐ Manuell

**12. In welchen zeitlichen Abständen findet eine Qualitätskontrolle statt?**

☐ Täglich

☐ Halbjährlich

☐ Wöchentlich

☐ Jährlich

☐ 1x pro Monat

☐ Nie

☐ Alle 3 Monate

☐ Sonstiges:

---

**13. Wer führt die Qualitätskontrolle durch? (Mehrfachantworten möglich)**

☐ medizinische/technische Assistenten

☐ Physiker

☐ Radiologen

☐ Servicetechniker

☐ Sonstige: \_\_\_\_\_



**14. Wer ist verantwortlich für die Durchführung der Qualitätskontrolle?**

☐ medizinische/technische Assistenten

☐ Physiker

☐ Radiologen

☐ Servicetechniker

☐ Sonstige: \_\_\_\_\_

**15. Welche Parameter werden zur Qualitätssicherung gemessen?**

---

---

---

**16. Wie oft werden die unten aufgeführten Parameter im Zuge der Qualitätssicherung gemessen?**

**Signal-Rausch-Verhältnis:**

☐ Täglich      ☐ Wöchentlich      ☐ Monatlich  
☐ Nie      ☐ Unbekannt

**„Image Uniformity“:**

☐ Täglich      ☐ Wöchentlich      ☐ Monatlich  
☐ Nie      ☐ Unbekannt

**„Ghosting“:**

☐ Täglich      ☐ Wöchentlich      ☐ Monatlich  
☐ Nie      ☐ Unbekannt

## 17. Mit welchen Spulen wird eine Qualitätssicherung durchgeführt?

Kopf

☐ In regelmäßigen Abständen: \_\_\_\_\_

☐ Unregelmäßig

☐ Unbekannt

Körper

☐ In regelmäßigen Abständen: \_\_\_\_\_

☐ Unregelmäßig

☐ Unbekannt

Wirbelsäule

☐ In regelmäßigen Abständen: \_\_\_\_\_

☐ Unregelmäßig

☐ Unbekannt

Extremitäten

☐ In regelmäßigen Abständen: \_\_\_\_\_

☐ Unregelmäßig

☐ Unbekannt

Oberfläche

☐ In regelmäßigen Abständen: \_\_\_\_\_

☐ Unregelmäßig

☐ Unbekannt

**18. Wie schätzen Sie auf einer Skala von 1-10 die Akzeptanz der qualitätssichernden Maßnahmen ein? (1=überhaupt nicht ; 10=sehr gut)**

-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8-----9-----10-----  
----

**19. Lohnt sich Ihrer Meinung nach Qualitätssicherung?**

☐ Ja

☐ Nein

☐ Unbekannt

**20. Gibt es feste Standards zur Patientensicherheit?**

☐ Ja

☐ Nein

☐ Unbekannt

**21. Gibt es einen Notfallplan (was ist zu tun bei Feuer, Quench des MRT, ...)?**

☐ Ja

☐ Nein

☐ Unbekannt

**22. Wären Sie für eine Zertifizierung der MR-Anlagen in Bezug auf Qualitätssicherung?**

- ☐ Ja
- ☐ Nein
- ☐ Unbekannt

**23. Halten Sie Qualitätssicherung im klinischen Alltag für durchsetzbar und bezahlbar?**

- ☐ Ja
- ☐ Nein
- ☐ Unbekannt

**24. Wie schätzen Sie auf einer Skala von 1-10 die Qualität Ihrer aktuellen Daten ein?**

-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8-----9-----10-----

**25. Sind sie für eine zentrale Speicherung der Daten?**

- ☐ Ja
- ☐ Nein
- ☐ Unbekannt

**Schwerpunkt Brainimaging**

Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie

Rudolf-Bultmann-Straße 8

D-35039 Marburg

Sehr geehrte Damen und Herren,

im Rahmen meiner Promotionsarbeit an der Philipps-Universität Marburg im Fachbereich Medizin, führe ich eine Umfrage an Kliniken und Forschungsabteilungen durch, die die Magnetresonanztomographie einsetzen. Als Ergebnis soll eine Statistik über Art und Umfang von Qualitätssicherungsmaßnahmen am Magnetresonanztomographen für die Länder Deutschland, Österreich und Schweiz stehen.

In diesem Zusammenhang bitte ich Sie um Ihre Mithilfe. Bitte lassen Sie den beige packten Fragebogen durch einen Mitarbeiter ausfüllen und gemäß Anleitung in den beiliegenden Umschlägen bis Ende September 2010 zurückschicken.

Die Bearbeitung des Fragebogens wird etwa 10 Minuten in Anspruch nehmen.

Der innere Umschlag dient dabei zur Anonymisierung, der äußere, gekennzeichnete Umschlag erlaubt uns die Rücklaufquote getrennt nach Fachrichtung zu erheben.

Die Bearbeitung der Antworten erfolgt durch eine studentische Hilfskraft. Es werden die äußeren und inneren Briefumschläge voneinander getrennt. Die verschlossenen inneren Umschläge erhalte ich getrennt von den geöffneten äußeren Umschlägen, so dass keine Zuordnung mehr möglich ist.

Der Betreuer dieser Promotionsarbeit ist Dr. Dipl.-Phys. Jens Sommer. (Email: [sommerj@med.uni-marburg.de](mailto:sommerj@med.uni-marburg.de) / Tel.: 06421-5865-966 bzw. -581)

Für Ihre Unterstützung möchte ich mich schon jetzt herzlich bedanken.

Mit freundlichen Grüßen

## Literaturverzeichnis

American College of Radiology (ACR)(2004) „ACR MRI Quality Control Manuel. Reston." über: [www.acr.org](http://www.acr.org) (Stand: August 2013)

American College of Radiology (ACR) (2005) "Phantom test guidance for the ACR MRI accreditation program. ." The American College of Radiology, 22, über: [www.acr.org](http://www.acr.org) (Stand: August 2013)

Beerbaum, P., Barth, P. et al. (2009). „Cardiac function by MRI in congenital heart disease: impact of consensus training on interinstitutional variance." J Magn Reson Imaging 30(5): 956-66.

Bennett, C. M. and M. B. Miller (2010). „How reliable are the results from functional magnetic resonance imaging?" Ann N Y Acad Sci 1191(1): 133-55.

Bloch, F. (1946). „Nuclear Induction." Physical Review 70(7, 8): 460- 474.

Bortz, J. (1999). „Statistik: Für Sozialwissenschaftler“, Springer-Verlag Berlin und Heidelberg GmbH & Co. K.

Bundesärztekammer (2000). „Leitlinien der Bundesärztekammer zur Qualitätssicherung der Magnet-Resonanz-Tomographie." Deutsches Ärzteblatt Jg. 97, Heft 39: 12.

Bundesärztekammer, (2007). „Curriculum Ärztliches Qualitätsmanagement“, Band 10. Berlin, Düsseldorf, über: [www.bundesaerztekammer.de](http://www.bundesaerztekammer.de), (Stand: August 2013)

Donabedian, A. (1988). „Quality assessment and assurance: unity of purpose, diversity of means." Inquiry 25(1): 173-92.

EEC Concerted Research Projec (1988) „Identification and characterization of biological tissues by NMR: 4. Protocols and test objects for the assessment of MRI equipment." 6, 195-204.

Ernst J. Rummeny, P. R., Walter Heindel (2006). „Ganzkörper MR-Tomographie“. 2. Auflage, Stuttgart, Thieme Verlag

Friedrichs, J. (1990). „Methoden empirischer Sozialforschung“, 14. Auflage, Wiesbaden: Westdeutscher Verlag, 429 S

Günter W. Kauffmann, E. M., Rolf Sauer (2006). „Radiologie“. 3. Auflage, Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH, ISBN: 3437444158

Gustav A. Lienert, U. R. (1998). „Testaufbau und Testanalyse“, 6. Auflage, Beltz Psychologie Verlags Union.

Ihalainen, T., O. Sipila, et al. (2004). „MRI quality control: six imagers studied using eleven unified image quality parameters." Eur Radiol 14(10): 1859-65.

Ihalainen, T. M., N. T. Lonnroth, et al. „MRI quality assurance using the ACR phantom in a multi-unit imaging center." Acta Oncol 50(6): 966-72.

ILIAS (Version 3.9.6 2008-09-04) ). „K-med Learning Management System. K-med Lernkurs Radiologie.“ über: [www.k-med.uni-giessen.de](http://www.k-med.uni-giessen.de) (Stand: August 2013)

IPSE-communications. (2007). „Presseinformationen zum 88. deutschen Röntgenkongress." über: [www.ipse.de/roeko2007/index.php](http://www.ipse.de/roeko2007/index.php). (Stand: August 2013)

Koller, C. J., J. P. Eatough, et al. (2006). „A survey of MRI quality assurance programmes." Br J Radiol 79(943): 592-6.

Lauterbur, P. C., Mansfield, Peter (1973). „Image formation by induced local interactions: examples employing nuclear magnetic resonance." Nature 242(190-191).

Ludwig Blohm, A. L. (2003). „Allgemeine und spezielle Radiologie“. Kurzlehrbuch zu GK 2 und 3. München, Urban & Fischer

Maximilian Reiser, W. S. (2002). „Magnetresonanztomographie“. 3. Auflage, Berlin, Springer Verlag

Mendonca Dias, M. H. and P. C. Lauterbur (1986). „Ferromagnetic particles as contrast agents for magnetic resonance imaging of liver and spleen." Magn Reson Med 3(2): 328-30.

National Manufacturers Electrical Association (2003) „Determination of slice thickness in diagnosis magnetic resonance images.“ über: <http://www.nema.org> (Stand: August 2013)

National Manufacturers Electrical Association (2003) „Determination of two dimensional geometric distortion in diagnosis magnetic resonance images." über: <http://www.nema.org> (Stand: August 2013)

National Manufacturers Electrical Association (2001) „Determination of signal-to-noise ratio (SNR) in diagnosis magnetic resonance images." über: <http://www.nema.org> (Stand: August 2013)

Online Kalkulator zur Durchführung des U-Testes nach Mann und Whitney, online über: [www.holah.karoo.net](http://www.holah.karoo.net) (Stand: August 2013)

Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (2005). "Gesundheit auf einen Blick : OECD-Indikatoren." Originaltitel: Health at a Glance 2009: OECD Indicators – Panorama de la santé 2009 : Les indicateurs de l'OCDE, Übersetzung durch den Deutschen Übersetzungsdienst der OECD, über: <http://www.oecd-ilibrary.org> (Stand: August 2013)

Price, R. R., L. Axel, et al. (1990). „Quality assurance methods and phantoms for magnetic resonance imaging: report of AAPM nuclear magnetic resonance Task Group No. 1." Med Phys 17(2): 287-95.

Purcell, E. M., H. C. Torrey, et al. (1946). „Nuclear Induction." Physical Review 69(1-2): 37-38.

Raab-Steiner, E., Benesch, M. (2001), „Der Fragebogen“, 2. Auflage, UTB Verlag

Schneider, E., M. NessAiver, et al. (2008). „The osteoarthritis initiative (OAI) magnetic resonance imaging quality assurance methods and results." Osteoarthritis Cartilage 16(9): 994-1004.

Theodor Laubenberger, J. L. (1999). „Technik der medizinischen Radiologie. Diagnostik, Strahlentherapie, Strahlenschutz“, Deutscher Ärzte Verlag.

Weishaupt Dominik, K. V. D., Marincek Borut (2009). „Wie funktioniert MRI? Eine Einführung in Physik und Funktionsweise der Magnetresonanzbildgebung“, Springer Verlag, Berlin und Heidelberg.

Xin, X., J. Han, et al. „Development of a calibration phantom set for MRI temperature imaging system quality assurance." Acad Radiol 19(6): 740-5.

Zhuo, J. and R. P. Gullapalli (2006). „AAPM/RSNA physics tutorial for residents: MR artifacts, safety, and quality control." Radiographics 26(1): 275-97.



## Verzeichnis der Graphiken und Tabellen

Abbildung 1: Aufbau eines Magnetresonanztomographen.....	8
Tabelle 1: Rücklaufquoten.....	19
Tabelle 2: Feldstärke der MRT.....	26
Tabelle 3: Qualitätssicherung innerhalb der einzelnen Spulen .....	28
Tabelle 4: Zeitlicher Überblick über die Durchführung von Qualitätssicherung getrennt nach den einzelnen Parametern .....	66
Graphik 1: Darstellung der ausgefüllten Fragebögen .....	20
Graphik 2: Ausfüllende Berufsgruppen in Prozent .....	22
Graphik 3: MRT-Erfahrung der befragten Personen .....	23
Graphik 4: Bettenzahl der befragten Kliniken und Institute .....	24
Graphik 5: Nutzung des MRT-Gerätes.....	25
Graphik 6: Zeitliche Darstellung der Qualitätssicherung der einzelnen Spulen .....	28
Graphik 7: Überblick - Qualitätssicherung in regelmäßigen Abständen.....	29
Graphik 8: Zeitliche Abstände der Messung ausgewählter Parameter .....	30
Graphik 9: Zeitliche Abstände der Durchführung einer Qualitätssicherung allgemein.....	31
Graphik 10: Anzahl der Nennungen der für die Qualitätssicherung verantwortliche Berufsgruppe .....	32
Graphik 11: Akzeptanz der Qualitätssicherung.....	34
Graphik 12: Akzeptanz der Qualitätssicherung nach Berufsgruppen getrennt.....	35
Graphik 13: Qualität der eigenen Daten auf einer Skala von 1-10 .....	36
Graphik 14: Qualität der eignen Daten nach Berufsgruppen getrennt .....	37
Graphik 15: Akzeptanz der Qualitätssicherung zwischen den beiden Gruppen.....	38
Graphik 16: Akzeptanz der Qualitätssicherung 2.....	39

Graphik 17: Zeitliche Durchführung der Qualitätssicherung in Abhängigkeit der Einschätzung der Qualität der eigenen Daten .....	41
Graphik 18: Wird eine zentrale Speicherung der Daten gewünscht?.....	42
Graphik 19: Wird eine zentrale Speicherung der Daten gewünscht? Die Berufsgruppen getrennt betrachtet.....	43
Graphik 20: Durchführung der Qualitätssicherung - Vergleich Servicetechniker.....	52
Graphik 21: Aufstellungsjahre der MRT-Geräte.....	60
Graphik 22: Alter der MRT-Gräte .....	61
Graphik 23: Herstellerfirmen .....	61
Graphik 24: Berufserfahrung mit dem MRT der befragten Personen .....	62
Graphik 25: Wochenstunden am MRT der befragten Person.....	62
Graphik 26: Wie viele Personen arbeiten durchschnittlich am MRT? .....	63
Graphik 27: Welche Berufsgruppen arbeiten am MRT - Mehrfachantworten möglich .....	63
Graphik 28: Ist das MRT-Gerät 24 Stunden besetzt? .....	64
Graphik 29: In welchen zeitlichen Abständen finden Sicherheitseinweisungen statt?.....	64
Graphik 30: Wie wird die Qualitätssicherung durchgeführt? .....	65
Graphik 31: Wer ist verantwortlich für die Durchführung der Qualitätssicherung? .....	65

## Abkürzungsverzeichnis

%	Prozent
h	Stunde
MR-	Magnetresonanz-
MRT	Magnetresonanztomograph
MTA	Medizinisch Technische/r Assistent/in
MW	Mittelwert
n	Menge
WS	Wirbelsäule

## Akademische Lehrer

Meine akademischen Lehrer in Marburg waren die Damen und Herren:

Adamkiewicz, Bartsch, Basler, Baum, Becker, Becker, Berger, Bien, Cubayko, Daut, Dettmeyer, Eilers, Engenhardt-Cabillic, Feuser, Fuchs-Winkelmann, Görg, Gress, Grundmann, Grzeschik, Hertl, Hofmann, Hoyer, Kircher, Klose, Kolb-Niemann, Koolman, Lill, Lohoff, Maier, Maisch, McGregor, Moll, Moosdorf, Mueller, Mutters, Neubauer, Neumüller, Nimsky, Oertel, Opitz, Pagenstecher, Plant, Renz, Richter, Ruchholtz, Sahmland, Schäfer, Schmidt, Schrader, Sekundo, Vogelmeier, Wagner, Weihe, Werner, Wulf, Zovko

## Danksagung

Zuallererst möchte ich meinem Betreuer Jens Sommer für seine überaus gute Betreuung, seine Zeit und sein großes Engagement danken, mit dem er meine Promotion begleitete. Er hatte jederzeit ein offenes Ohr und brachte unermüdlich produktive Tipps und hilfreiche Vorschläge ein.

Weiter möchte ich mich an dieser Stelle bei all denjenigen bedanken, die mich in den vergangenen Jahren unterstützt und begleitet haben und ohne die ich heute nicht dort wäre, wo ich bin. Insbesondere erwähnen möchte ich hier meine Familie und danken für die langjährige und stetige Unterstützung während des Studiums, welches so ohne sie nicht möglich gewesen wäre.

## **Ehrenwörtliche Erklärung**

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die dem Fachbereich Medizin Marburg zur Promotionsprüfung eingereichte Arbeit mit dem Titel „Qualitätsicherung am MRT“ in der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie unter Leitung von Prof. Dr. T. Kircher mit Unterstützung durch Prof. Dr. A. Jansen und Dr. J. Sommer ohne sonstige Hilfe selbst durchgeführt und bei der Abfassung der Arbeit keine anderen als die in der Dissertation aufgeführten Hilfsmittel benutzt habe. Ich habe bisher an keinem in- oder ausländischen Medizinischen Fachbereich ein Gesuch um Zulassung zur Promotion eingereicht, noch die vorliegende oder eine andere Arbeit als Dissertation vorgelegt.

Frankfurt am Main, September 2014